



TUGAS AKHIR - SS141501

**ANALISIS FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI
INDEKS KETAHANAN PANGAN BERAS MENGGUNAKAN
PENDEKATAN REGRESI NONPARAMETRIK SPLINE
DI PROVINSI JAWA TIMUR**

**WINDI FANDAPROFITA
NRP 1311 100 030**

**Dosen Pembimbing
Dra. Madu Ratna, M.Si**

**Co - Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Drs. I Nyoman Budiantara, M.Si**

**Program Studi S1 Statistika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015**



FINAL PROJECT - SS141501

**ANALYSIS OF FACTORS INFLUENCING RICE FOOD SECURITY
INDEX USING SPLINE NONPARAMETRIC REGRESSION
IN EAST JAVA**

WINDI FANDAPROFITA
NRP 1311 100 030

Supervisor
Dra. Madu Ratna, M.Si

Co- Supervisor
Prof. Dr. Drs. I Nyoman Budiantara, M.Si

Undergraduate Programme of Statistics
Faculty of Mathematics and Natural Sciences
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI INDEKS KETAHANAN PANGAN BERAS MENGUNAKAN PENDEKATAN REGRESI NONPARAMETRIK SPLINE DI PROVINSI JAWA TIMUR

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada
Program Studi S-1 Jurusan Statistika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

WINDI FANDAPROFITA

NRP. 1311 100 030

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

Dra. Madu Ratna, M. Si

NIP. 19590109 198603 2 001

Prof. Dr. Drs. I Nyoman Budiantara, M. Si

NIP. 19650603 198903 1 003

Mengetahui

Ketua Jurusan Statistika FMIPA-ITS

Dr. Muhammad Mashuri, MT

NIP. 19620408 198701 1 001

SURABAYA, JULI 2015

**ANALISIS FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI
INDEKS KETAHANAN PANGAN BERAS
MENGUNAKAN
PENDEKATAN REGRESI NONPARAMETRIK SPLINE
DI PROVINSI JAWA TIMUR**

Nama Mahasiswa : Windi Fandaprofita
NRP : 1311 100 030
Jurusan : Statistika FMIPA-ITS
Dosen Pembimbing : Dra. Madu Ratna, M. Si
Co Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Drs. I Nyoman Budiantara, M. Si

ABSTRAK

Pangan merupakan kebutuhan dasar yang permintaannya terus meningkat seiring dengan perkembangan jumlah penduduk. Indikator untuk mengukur ketersediaan pangan adalah dengan Indeks Ketahanan Pangan. Situasi ketahanan pangan di Indonesia belum tahan pangan berdasarkan data konsumsi Susenas 2013. Konsumsi pangan beras di Jawa Timur jauh lebih tinggi diantara negara Asia lainnya yakni 88,6 Kg/kapita/tahun. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis untuk mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap indeks ketahanan pangan beras. Dalam penelitian ini dilakukan pemodelan indeks ketahanan pangan beras dengan menggunakan metode regresi nonparametrik spline. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan didapatkan lima variabel yang berpengaruh terhadap indeks ketahanan pangan, yakni persentase produksi padi, rata-rata pengeluaran perkapita, indeks daya beli, persentase luas panen, dan kepadatan penduduk. Model nonparametrik yang terbentuk menghasilkan koefisien determinasi sebesar 90,64%. Kombinasi knot terbaik untuk model adalah 2,3,2,3,3 dengan nilai GCV adalah 4,00653.

Kata kunci : Indeks Ketahanan Pangan Beras, Regresi Nonparametrik Spline, GCV, Knot

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**ANALYSIS OF FACTORS INFLUENCING RICE FOOD
SECURITY INDEX
USING SPLINE NONPARAMETRIC REGRESSION
IN EAST JAVA**

Name of Student : Windi Fandaprofita
NRP : 1311 100 030
Departement : Statistika FMIPA-ITS
Supervisor : Dra. Madu Ratna, M. Si
Co Supervisor : Prof. Dr. Drs. I Nyoman Budiantara, M. Si

ABSTRACT

The nutrition requirement is one of important thing that must be fulfilled in line with the increasing of population growth. The availability of nutrital requirement can be measured by an indicator named food security index. According to the data confrom SUSENAS 2013, the Indonesian food security is on bad situation, which can not fulfill all need of population. Besides, East Java has food consumption of rice higher than ASIA countries in level 88,6 kg/capita/years. Therefore, this research is arranged to determine the factors which influencing the food security index by using spline nonparametric regression. The purpose of this analysis stands for getting the model representating how much of the factor influencing the food security index. Based on the analysis, there are five factor which influence sicnificantly for the model. They are the presentage production of rice, the average outcome percapita for rice sector, the purchasing power index, the presentage harvested area, and the population density. The coefficient of determination of nonparamketric model is 90,64%. The best knot combination for them model is 2,3,2,3,3 and the GCV value is 4,00653.

Keywords : Rice Food Security Index, Spline Nonparametric Regression, GCV, Knot,

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT. karena berkat rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“ANALISIS FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI INDEKS KETAHANAN PANGAN BERAS MENGGUNAKAN PENDEKATAN REGRESI NONPARAMETRIK SPLINE DI PROVINSI JAWA TIMUR”**. Dalam penyelesaian tugas akhir tidak lepas dari bimbingan, kerjasama dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Dra. Madu Ratna, M.Si dan Bapak Prof. Dr. Drs. I Nyoman Budiantara, M. Si selaku dosen pembimbing yang senantiasa membimbing, memberi bekal ilmu pengetahuan dan nasehat penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Dr. Ismaini Zain, M. Si dan Dr. Vita Ratnasari, S. Si, M.Si selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Muhammad Mashuri, M. T selaku Ketua Jurusan Statistika ITS. Dan Ibu Dra. Lucia Aridinanti, M. T selaku Kaprodi S1 Statistika.
4. Bapak Dr. Purhadi, M. Sc selaku dosen wali yang banyak menginspirasi dan memberikan saran selama kuliah di S1 Statistika ITS.
5. Orang tua tercinta yang saya hormati, Bapak Wuhono dan Ibu Erna Harwati serta adik Nova Meristiana Sari yang senantiasa mendoakan dan mendukung demi kesuksesan penulis.
6. Bapak Edy Tertiyus (Badan Ketahanan Pangan Provinsi Jawa Timur) atas segala informasi dan bantuan dalam penyediaan data untuk Tugas Akhir ini.
7. Pihak-pihak lain yang telah mendukung dan membantu atas terselesaikannya Tugas Akhir ini yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa masih banyak terdapat kekurangan, sehingga penulis mengharapkan adanya kritik dan saran demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan bagi pembaca dan

berbagai pihak. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan menjadi bahan evaluasi untuk membangun kebaikan bersama.

Surabaya, Januari 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
TITLE PAGE	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Statistika Deskriptif	7
2.2 Analisis Regresi	7
2.3 Regresi Nonparametrik Spline	8
2.4 Estimasi Parameter	9
2.5 Pemilihan Titik Knot Optimal	10
2.6 Pengujian Parameter Model	10
2.6.1 Uji Serentak	10
2.6.2 Uji Parsial	11
2.7 Kriteria Kebaikan Model	12
2.8 Pengujian Asumsi Residual	12
2.8.1 Asumsi residual identik	13
2.8.2 Asumsi residual independen	13
2.8.3 Asumsi residual berdistribusi normal	13
2.9 Indeks Ketahanan Pangan	14
2.9.1 Definisi Ketahanan Pangan	15
2.9.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Indeks Ketahanan Pangan Beras	17

BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	19
3.1 Sumber Data	19
3.2 Variabel Penelitian.....	19
3.3 Metode Analisis Data	20
3.4 Diagram Alir	21
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Deskripsi Karakteristik Indeks Ketahanan Pangan Beras dan Faktor-Faktor yang Diduga Mempengaruhi	23
4.3.1 Persentase Produksi Padi	26
4.3.2 Pengeluaran Perkapita dalam Sektor Beras.....	27
4.3.3 Indeks Daya Beli	28
4.3.4 Persentase Luas Panen	29
4.3.5 Kepadatan Penduduk	30
4.2 Pemodelan Indeks Ketahanan Pangan Beras dan Faktor- Faktor yang Diduga Mempengaruhi dengan Regresi Nonparametrik <i>Spline</i>	30
4.2.1 Hubungan Indeks Ketahanan Pangan Beras dan Faktor-Faktor yang Diduga Mempengaruhi.....	30
4.2.2 Pemodelan Indeks Ketahanan Pangan Beras Menggunakan Regresi Nonparametrik Spline	33
4.2.3 Pemilihan Titik Knot Optimal	34
4.2.4 Pemodelan Indeks Ketahanan Pangan Beras dengan Menggunakan Titik Knot Optimal	42
4.3 Penentuan Variabel yang Berpengaruh Terhadap Indeks Ketahanan Pangan Beras	43
4.3.1 Pengujian Parameter Model dengan Regresi Nonparametrik Spline.....	43
4.3.2 Pengujian Asumsi Residual	46
4.3.3 Interpretasi Model Regresi Nonparametrik Spline	48
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	55
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	63
BIODATA PENULIS	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2. 1 Analisis Of Varians (ANOVA)	11
Tabel 3. 1 Variabel Penelitian	19
Tabel 4.1 Deskripsi Indeks Ketahanan Pangan Beras dan Faktor yang Diduga Mempengaruhi	23
Tabel 4.2 Nilai GCV untuk 1 Knot	34
Tabel 4.3 Nilai GCV untuk 2 Knot	36
Tabel 4.4 Nilai GCV untuk 3 Titik Knot	37
Tabel 4.5 Nilai GCV untuk 3 Titik Knot (Lanjutan)	38
Tabel 4.6 Nilai GCV dengan menggunakan kombinasi knot	39
Tabel 4.7 Nilai GCV dengan menggunakan kombinasi knot (Lanjutan)	40
Tabel 4.8 Perbandingan Nilai GCV Minimum	41
Tabel 4.9 Estimasi Parameter Regresi Nonparametrik Spline	42
Tabel 4.10 Estimasi Parameter Regresi Nonparametrik Spline (Lanjutan)	43
Tabel 4.11 ANOVA Model Regresi Nonparametrik Spline	44
Tabel 4.12 Hasil Pengujian Parameter Secara Individu	45
Tabel 4.13 ANOVA Uji Glejser	46
Tabel 4.14 Uji Kolmogorof Smirnof	48

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	21
Gambar 4.1 Diagram Batang Indeks Ketahanan Pangan Beras..	26
Gambar 4.2 Scatterplot Indeks Ketahanan Pangan dengan Persentase Produksi Padi	31
Gambar 4.3 Scatterplot Antara Indeks Ketahanan Pangan dan Rata-Rata Pengeluaran Perkapita dalam Sektor Beras	31
Gambar 4.4 <i>Scatterplot</i> antara Indeks Ketahanan Pangan dan Indeks Daya Beli	32
Gambar 4.5 <i>Scatterplot</i> antara Indeks Ketahanan Pangan dan Persentase Luas Panen	32
Gambar 4.6 <i>Scatterplot</i> antara Indeks Ketahanan Pangan dan Kepadatan Penduduk	33
Gambar 4.7 Perhitungan GCV dengan menggunakan 1 knot.....	35
Gambar 4.8 Plot ACF Residual	47

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BIODATA PENULIS



Penulis dengan nama lengkap **Windi Fandaprofita** lahir di Kabupaten Tulungagung pada tanggal 8 Januari 1993. Penulis merupakan anak pertama dari pasangan Wuhono dan Erna Harwati. Jenjang pendidikan formal yang ditempuh penulis adalah SDN 03 Besole pada tahun 1999-2005, SMP Negeri 1 Campurdarat tahun 2005-2008, SMA Negeri 1 Boyolangu Tulungagung tahun 2008-2011, penulis melanjutkan program sarjana di Statistika ITS. Selama berada di bangku kuliah, penulis mengikuti

berbagai macam kegiatan pengembangan diri, dan aktif di organisasi seperti di Badan Eksekutif Mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember dan Divisi PSt HIMASTA ITS. Penulis mengambil bidang Statistika Sosial Pemerintahan dalam penyelesaian Tugas Akhir. Bagi pembaca yang memiliki saran, kritik atau ingin berdiskusi lebih lanjut terkait dengan Tugas Akhir ini dapat disampaikan melalui *e-mail*:

windi.fanda@gmail.com .

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pangan merupakan kebutuhan dasar yang permintaannya terus meningkat seiring dengan perkembangan jumlah penduduk dan peningkatan kualitas hidup (Maleha & Sutanto, 2006). Indonesia dengan jumlah penduduk yang besar dan dengan wilayah yang sangat luas memberikan konsekuensi bahwa pangan dan pemenuhannya merupakan agenda yang penting dalam pembangunan ekonomi. Pemenuhan pangan tidak luput dengan adanya ketersediaan bahan makanan. Pemenuhan konsumsi pangan melalui penyediaan dalam negeri saat ini merupakan tema sentral pembangunan pertanian. Walaupun suplai bahan pangan yang dibutuhkan mungkin lebih murah melalui impor, namun pemenuhan melalui produksi dalam negeri tetap menjadi hal yang penting dalam rangka mengurangi ketergantungan pada pasar dunia (Malik & Rahman, 2010). Indikator terbaik yang digunakan untuk mengukur ketersediaan pangan suatu daerah adalah dengan Indeks Ketahanan Pangan (BPS, 2014). Ketahanan Pangan adalah kondisi terpenuhinya pangan bagi rumah tangga yang tercermin dari tersedianya pangan yang cukup, baik jumlah maupun mutunya, aman, merata dan terjangkau. Ketahanan pangan telah menjadi prasyarat dasar yang harus dimiliki oleh daerah otonom. Hal ini sesuai dengan Peraturan Pemerintah No 38 tahun 2007 yang menyatakan bahwa ketahanan pangan adalah urusan wajib pemerintah pusat, provinsi, maupun kabupaten/kota (BKP, 2014).

Musyawarah perencanaan pembangunan pertanian merumuskan bahwa kegiatan pembangunan pertanian periode 2005-2009 dilaksanakan melalui tiga program, yaitu program peningkatan ketahanan pangan, program perkembangan agrobisnis dan program peningkatan kesejahteraan petani. Program ketahanan pangan tersebut diarahkan pada kemandirian masyarakat/petani yang berbasis sumberdaya lokal yang secara operasional dilakukan melalui program peningkatan produksi pangan, menjaga ketersediaan pangan yang cukup, aman dan halal di setiap daerah setiap saat danantisipasi agar tidak terjadi kerawanan pangan

(BKP, 2014). Situasi ketahanan pangan di Indonesia dari sisi konsumsi masih belum tahan pangan berdasarkan data konsumsi yang diperoleh dari Susenas 2013. Situasi belum tahan pangan dapat ditinjau dari sisi komposisi antar kelompok pangan yang belum sesuai dengan ketetapan nasional dan terlalu tingginya konsumsi beras serta rendahnya konsumsi pangan hewani, sayur dan buah. Oleh karena itu pemerintah menyatakan bahwa sasaran pembangunan di bidang pangan adalah terwujudnya ketahanan pangan pada tingkat nasional, daerah dan rumah tangga (Puradisastra, 2006).

Indonesia merupakan negara agraris dengan penduduk terbanyak keempat dunia, sudah dapat dipastikan bahwa kebutuhan pangan di Indonesia semakin banyak seiring dengan banyaknya penduduk di Indonesia. Namun kebutuhan pangan di Indonesia masih bersumber pada kebutuhan pangan dalam hal beras. Hal ini dikarenakan makanan pokok masyarakat di Indonesia bersumber pada beras (Malik & Rahman, 2010). Dibandingkan dengan konsumsi pangan beras di negara-negara Asia khususnya Jepang, Indonesia jauh lebih tinggi dimana rata-rata konsumsi beras di Jepang hanya sekitar 60 kg/kapita/tahun (Sutrisno & Wibowo, 2007). Hal tersebut juga didukung dengan permintaan beras yang semakin bertambah seiring dengan pertambahan penduduk yang semakin meningkat, sehingga menyebabkan pasokan dalam komoditi beras menjadi semakin terbatas. Hal tersebut menyebabkan kurangnya ketahanan pangan dalam sektor beras sehingga mengharuskan pemerintah untuk mengekspor dari negara lain.

Krisis penyediaan pangan menjadi masalah besar dan sensitif karena semakin mahal terutama sejak terjadinya perubahan iklim global dan semakin gencarnya alih fungsi lahan produktif padi menjadi lahan tempat hunian manusia (Malik & Rahman, 2010). Berdasarkan Badan Pusat Statistik tahun 2013, telah terjadi penyusutan lahan pertanian sebanyak lima juta hektar lebih, atau turun sebesar 16,32% dari tahun 2003. Produktivitas padi semakin menurun seiring dengan menurunnya lahan pertanian padi. Pulau Jawa merupakan sentra padi terbesar dibandingkan dengan pulau yang lain, sedangkan Jawa Timur merupakan

provinsi dengan produksi padi terbesar kedua di Indonesia setelah Jawa Barat. Namun hal ini belum dapat dibanggakan seutuhnya karena Jawa Timur merupakan provinsi dengan jumlah penduduk terbesar kedua pula setelah Jawa Barat. Banyaknya jumlah penduduk mengharuskan tingkat produksi padi di Jawa Timur tinggi. Berdasarkan Badan Ketahanan Pangan 2014, produksi padi yang dihasilkan oleh pertanian di Jawa Timur masih belum cukup untuk memenuhi kebutuhan dalam sektor padi. Tingkat ketergantungan pada bahan pangan beras masih tinggi yakni 88,6 Kg/kapita/tahun. Hal ini dikarenakan pola konsumsi masyarakat yang belum berimbang dengan skor PPH (Pola Pangan Harapan) 79, yang belum mencapai target skor yang ditingkatkan Departemen Pertanian yang lebih dari 90.

Penelitian mengenai ketahanan pangan telah dilakukan oleh Ilham dan Sinaga (2003), hasil penelitiannya menunjukkan bahwa tingkat konsumsi, keanekaragaman pangan dan pendapatan layak dijadikan indikator ketahanan pangan karena mempunyai hubungan yang erat dengan berbagai ukuran ketahanan pangan. Penelitian serupa juga dilakukan oleh Darwanto (2005), dengan hasil keterkaitan antara kegiatan impor dan tingkat kesejahteraan rumah tangga petani berpengaruh kuat terhadap ketahanan pangan yang berdampak pada kenaikan harga beras. Tanzihah dan Herdiana (2009) juga pernah melakukan penelitian serupa, hasilnya adalah tidak terdapatnya hubungan yang signifikan antara pendidikan KRT, pendidikan IRT, pengeluaran gizi ibu dan dukungan sosial terhadap ketahanan pangan rumah tangga, sebaliknya terdapat hubungan yang signifikan antara jumlah anggota rumah tangga dan pengeluaran per kapita terhadap ketahanan pangan rumah tangga.

Penelitian terhadap ketahanan pangan dalam sektor beras pernah dilakukan oleh Afrianto (2007). Dalam penelitian tersebut disebutkan bahwa luas panen dan rata-rata produksi berpengaruh positif terhadap ketahanan pangan dan harga beras berpengaruh negatif terhadap ketahanan pangan. Penelitian serupa dilakukan oleh Malik dan Rahman (2010). Hasil dari penelitian tersebut adalah faktor yang berpengaruh signifikan terhadap ketahanan pangan dalam sektor padi adalah tingkat konsumsi dan luas panen padi. Penelitian sebelumnya mengenai ketahanan pangan di Jawa

Timur pernah dilakukan oleh Hanani (2009). Hasil penelitian menyebutkan bahwa ketahanan pangan dipengaruhi oleh 11 indikator yang terbagi menjadi tiga aspek yakni aspek ketersediaan, aspek akses pangan dan aspek kesehatan.

Indeks Ketahanan Pangan beras di provinsi Jawa Timur beserta faktor yang mempengaruhinya merupakan data *count* dan bersifat nonparametrik untuk pemetaan setiap variabel respon dan variabel prediktornya. Hal ini dikarenakan setiap kabupaten/kota yang ada di Jawa Timur memiliki karakteristik yang berbeda-beda, sehingga menyebabkan ketidaklinieran antara variabel respon dan variabel prediktornya. Metode lain yang dapat digunakan untuk memodelkan Indeks Ketahanan Pangan dalam sektor padi di Provinsi Jawa Timur adalah dengan Regresi Nonparametrik Spline. Regresi nonparametrik spline merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengetahui hubungan antara variabel respon dan prediktor yang bentuk kurva fungsinya tidak diketahui, dan hanya diasumsikan *smooth*(mulus) dalam arti termuat dalam suatu fungsi tertentu (Eubank, 1988). Berbagai penelitian telah dilakukan dengan metode regresi nonparametrik spline. Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Sari (2014) yang memodelkan faktor faktor yang mempengaruhi gizi buruk balita di Kabupaten Sampang. Anwar (2014) memodelkan tingkat pengangguran terbuka di Jawa Barat. Sementara Bintariningrum (2014) memodelkan angka kelahiran kasar di Surabaya.

Berdasarkan uraian yang dijelaskan sebelumnya maka dilakukan pemodelan untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi Indeks Ketahanan Pangan khususnya beras di Jawa Timur. Penelitian mengenai indeks ketahanan beras sebelumnya hanya menggunakan metode sederhana seperti analisis regresi linier sederhana. Berdasarkan plot yang terdapat pada indeks ketahanan pangan dan faktor yang mempengaruhinya terbentuk pola yang tidak tertentu. Hal ini dikarenakan karakteristik setiap kabupaten/kota yang ada di Provinsi Jawa Timur berbeda-beda. Berdasarkan studi awal mengenai pola data yang terbentuk, maka dalam penelitian ini akan dibahas mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi Indeks Ketahanan Pangan khususnya dalam hal beras dengan menggunakan metode Regresi Nonparametrik Spline.

Dari hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi yang berguna dalam pengambilan kebijakan oleh Badan Ketahanan Pangan Provinsi Jawa Timur, Pemerintah Provinsi Jawa Timur serta instansi terkait lainnya.

1.2 Rumusan Masalah

Indeks Ketahanan Pangan beras di provinsi Jawa Timur beserta faktor yang mempengaruhinya merupakan data *count* dan bersifat nonparametrik untuk pemetaan setiap variabel respon dan variabel prediktornya. Setiap kabupaten/kota yang ada di Jawa Timur memiliki karakteristik yang berbeda-beda, sehingga menyebabkan ketidaklinieran antara variabel respon dan variabel prediktornya. Perbedaan karakteristik pada setiap kabupaten/kota di provinsi Jawa Timur dikarenakan berbagai faktor yang mempengaruhinya. Permasalahan yang dibahas dalam penelitian adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana karakteristik indeks ketahanan pangan khususnya beras beserta faktor-faktor yang mempengaruhinya?
2. Bagaimana pemodelan indeks ketahanan pangan khususnya beras dan faktor yang mempengaruhinya dengan metode Regresi Nonparametrik Spline?
3. Variabel apa saja yang berpengaruh terhadap Indeks Ketahanan Pangan khususnya beras di Jawa Timur dengan pendekatan Regresi Nonparametrik Spline?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian adalah sebagai berikut.

1. Mendeskripsikan karakteristik Indeks Ketahanan Pangan dalam khususnya beras beserta faktor-faktor yang mempengaruhinya.
2. Memodelkan Indeks Ketahanan Pangan khususnya beras dan faktor yang mempengaruhinya dengan metode Regresi Nonparametrik Spline.
3. Menentukan variabel yang berpengaruh terhadap Indeks Ketahanan Pangan khususnya beras di Jawa Timur dengan pendekatan Regresi Nonparametrik Spline.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menambah wawasan peneliti mengenai penerapan metode pendekatan regresi nonparametrik spline, serta keilmuan mengenai hal sosial dalam pemerintahan.
2. Memberikan informasi sebagai bahan pertimbangan dalam pengambilan kebijakan selanjutnya oleh Badan Ketahanan Pangan Provinsi Jawa Timur, Pemerintah Provinsi Jawa Timur serta instansi terkait lainnya.
3. Sebagai bahan referensi untuk penelitian selanjutnya.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah pemilihan titik knot optimal menggunakan metode *Generalized Cross Validation* (GCV). Pemodelan Indeks Ketahanan Pangan di Provinsi Jawa Timur adalah dengan menggunakan metode Regresi Nonparametrik Spline *truncated* 1 knot, 2 knot 3 knot dan kombinasi knot.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Statistika Deskriptif

Statistika deskriptif merupakan metode-metode yang berkaitan dengan pengumpulan, penyusunan dan penyajian suatu gugus data serta penarikan kesimpulan sehingga memberikan informasi yang berguna (Walpole, 1995). Statistika dapat untuk menggambarkan (*description*) tentang suatu gejala. Informasi yang dapat diperoleh dari statistika deskriptif ini antara lain ukuran pemusatan data dan ukuran penyebaran data. Ukuran-ukuran statistik yang biasa digunakan dalam statistika deskriptif antara lain nilai rata-rata (*mean*), standart deviasi, keragaman (*varians*), nilai tengah dari urutan suatu data (*median*), dan modus. Rumus untuk perhitungan rata-rata (*mean*) dari data x_1, x_2, \dots, x_n yaitu sebagai berikut:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2.1)$$

dimana:

\bar{x} :rata-rata(mean)

x_i : pengamatan ke- i , $i=1,2,\dots,n$

n : banyaknya pengamatan

Nilai varians (s^2) diberikan oleh persamaan (2.2).

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} \quad (2.2)$$

2.2 Analisis Regresi

Analisis regresi digunakan untuk mengetahui pengaruh dari suatu variabel terhadap variabel lain. Analisis regresi mempelajari hubungan satu atau lebih variabel prediktor dengan satu variabel respon. (Drapper & Smith, 1992). Dalam analisis regresi, variabel yang mempengaruhi adalah variabel bebas (variabel prediktor) dan variabel yang dipengaruhi adalah variabel

terikat (variabel respon). *Scatterplot* sering kali digunakan dalam mempelajari pola hubungan antara variabel respon dengan variabel prediktor. Plot yang terbentuk dapat menunjukkan apakah kurva membentuk suatu pola linier, kuadratik, ataupun kubik. Akan tetapi kurva yang dihasilkan sering kali tidak bisa ditentukan hanya dengan melihat bentuk polanya secara visual. Oleh sebab itu dalam analisis regresi terdapat tiga pendekatan yaitu regresi parametrik, nonparametrik, dan semiparametrik.

2.3 Regresi Nonparametrik Spline

Pendekatan regresi nonparametrik spline dilakukan apabila pola data tidak mengikuti suatu pola tertentu. Dengan kata lain, regresi nonparametrik memiliki fleksibilitas yang tinggi. Regresi spline memiliki titik knot yang merupakan titik perpaduan yang menunjukkan perubahan perilaku kurva pada selang yang berbeda (Hardle, 1990). Model regresi nonparametrik spline secara umum adalah sebagai berikut.

$$y_i = f(x_i) + \varepsilon_i \quad (2.3)$$

dengan:

- $f(x_i)$: kurva regresi yang tidak diketahui bentuknya, dan dihampiri dengan fungsi spline
- y_i : variabel respon
- ε_i : error dari variable random diasumsikan berdistribusi $N(0, \sigma^2)$

Secara umum fungsi *spline* $f(x_i)$ berorde p dengan titik knot k_1, k_2, \dots, k_r dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$f(x_i) = \sum_{j=0}^p \beta_j x_i^j + \sum_{m=1}^r \beta_{p+m} (x_i - k_m)_+^p \quad (2.4)$$

Apabila persamaan (2.4) disubstitusikan ke dalam persamaan (2.3) maka akan didapatkan model regresi nonparametri *spline* sebagai berikut.

$$y_i = \sum_{j=0}^p \beta_j x_i^j + \sum_{m=1}^r \beta_{p+m} (x_i - k_m)_+^p + \varepsilon_i \quad (2.5)$$

Fungsi $(x_i - k_m)_+^p$ merupakan fungsi potongan yang diberikan oleh:

$$(x_i - k_m)_+^p = \begin{cases} (x_i - k_m)^p, & x_i \geq k_m \\ 0 & , x_i < k_m \end{cases} \quad (2.6)$$

2.4 Estimasi Parameter

Estimasi parameter model spline bertujuan untuk mendapatkan model regresi nonparametrik *Spline* yang akan digunakan dalam analisis. Pada penelitian ini, metode yang digunakan untuk mengestimasi parameter model regresi nonparametrik *Spline* adalah metode kuadrat terkecil atau sering disebut dengan metode *Ordinary Least Square* (OLS). Metode OLS ini meminimumkan jumlah kuadrat *error*.

Dalam notasi matriks persamaan regresi nonparametrik *Spline* dapat ditulis menjadi persamaan (2.7).

$$\mathbf{Y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon} \quad (2.7)$$

Berdasarkan persamaan (2.7) didapatkan *error* yang ditulis dengan:

$$\boldsymbol{\varepsilon} = \mathbf{Y} - \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} \quad (2.8)$$

Jumlah kuadrat error dalam notasi matriks dapat digambarkan dengan persamaan (2.9)

$$\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \boldsymbol{\varepsilon}'\boldsymbol{\varepsilon} \quad (2.9)$$

Dari persamaan (2.8) dan jumlah kuadrat error pada persamaan (2.9) dapat diperoleh:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 &= \boldsymbol{\varepsilon}'\boldsymbol{\varepsilon} \\ &= (\mathbf{Y} - \mathbf{X}\boldsymbol{\beta})'(\mathbf{Y} - \mathbf{X}\boldsymbol{\beta}) \\ &= \mathbf{Y}'\mathbf{Y} - \mathbf{Y}'\mathbf{X}\boldsymbol{\beta} - \boldsymbol{\beta}'\mathbf{X}'\mathbf{Y} + \boldsymbol{\beta}'\mathbf{X}'\mathbf{X}\boldsymbol{\beta} \\ &= \mathbf{Y}'\mathbf{Y} - 2\boldsymbol{\beta}'\mathbf{X}'\mathbf{Y} + \boldsymbol{\beta}'\mathbf{X}'\mathbf{X}\boldsymbol{\beta} \end{aligned}$$

Agar nilai $\boldsymbol{\varepsilon}'\boldsymbol{\varepsilon}$ minimum maka turunan pertamanya terhadap $\boldsymbol{\beta}$ haruslah sama dengan nol, sehingga menjadi:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial(\boldsymbol{\varepsilon}'\boldsymbol{\varepsilon})}{\partial\boldsymbol{\beta}} &= 0 \\
-2\mathbf{X}'\mathbf{Y} + 2\mathbf{X}'\mathbf{X}\hat{\boldsymbol{\beta}} &= 0 \\
\mathbf{X}'\mathbf{X}\hat{\boldsymbol{\beta}} &= \mathbf{X}'\mathbf{Y} \\
(\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}(\mathbf{X}'\mathbf{X})\hat{\boldsymbol{\beta}} &= (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{Y} \\
\hat{\boldsymbol{\beta}} &= (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{Y}
\end{aligned}$$

2.5 Pemilihan Titik Knot Optimal

Titik knot optimal dicari untuk mendapatkan model regresi spline terbaik yang paling sesuai dengan data. Salah satu metode yang sering dipakai dalam memilih titik knot optimal adalah *Generalized Cross Validation* (GCV) (Budiantara, 2009). Fungsi Spline terbaik didapatkan jika titik knot optimal sudah diperoleh. Titik knot optimal diperoleh dari nilai GCV yang paling kecil. Metode GCV secara umum didefinisikan sebagai berikut.

$$GCV(k_1, k_2, \dots, k_r) = \frac{MSE(k_1, k_2, \dots, k_r)}{\left(n^{-1} \text{trace}[I - A(k_1, k_2, \dots, k_r)]\right)^2} \quad (2.10)$$

dimana:

\mathbf{I} : matriks identitas
 n : banyak pengamatan
 $A(k_1, k_2, \dots, k_r) = \mathbf{X}(\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'$ dan

$$MSE(k_1, k_2, \dots, k_r) = n^{-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (2.11)$$

2.6 Pengujian Parameter Model

Pengujian parameter terdiri dari dua tahapan, yaitu pengujian secara serentak kemudian dilanjutkan dengan pengujian secara parsial. Pengujian secara serentak dilakukan dengan menggunakan uji F, sementara uji parsial menggunakan uji t.

2.6.1 Uji Serentak

Uji serentak digunakan untuk mengetahui apakah parameter model regresi spline sudah signifikan atau belum. Pengujian ini dilakukan secara serentak dengan parameter yang ada dalam model

yang diberikan dalam persamaan (2.4). Hipotesis untuk uji serentak sebagai berikut :

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_{p+r} = 0$$

$$H_1: \text{minimal ada satu } \beta_s \neq 0, s = 1, 2, \dots, p + r$$

Nilai $p + r$ adalah jumlah parameter dalam model regresi, dan n adalah jumlah observasi.

Tabel 2.1 Analisis Of Varians (ANOVA)

Sumber Variasi	Derajat Bebas (df)	Jumlah Kuadrat (SS)	Rataan Kuadrat (MS)
Regresi	$p + r$	$\hat{\beta}'\mathbf{X}'\mathbf{Y} - n\bar{Y}^2$	$\frac{\hat{\beta}'\mathbf{X}'\mathbf{Y} - n\bar{Y}^2}{p + r} \quad \frac{MS_{regresi}}{MS_{error}}$
Error	$n - (p + r) - 1$	$\mathbf{Y}'\mathbf{Y} - \hat{\beta}'\mathbf{X}'\mathbf{Y}$	$\frac{\mathbf{Y}'\mathbf{Y} - \hat{\beta}'\mathbf{X}'\mathbf{Y}}{n - (p + r) - 1}$
Total	$n - 1$	$\mathbf{Y}'\mathbf{Y} - n\bar{Y}^2$	

Keputusan: Tolak H_0 jika $F_{hitung} > F_{\alpha; (p+r, n-(p+r)-1)}$

2.6.2 Uji Parsial

Uji parsial digunakan untuk mengetahui parameter yang signifikan secara individu terhadap model. Hipotesis untuk uji parsial adalah sebagai berikut (Drapper & Smith, 1992).

$$H_0: \beta_s = 0$$

$$H_1: \beta_s \neq 0, s = 1, 2, \dots, p, p + 1, p + 2, \dots, p + r$$

Statistik uji yang digunakan adalah:

$$t_{hitung} = \frac{\hat{\beta}_s}{SE(\hat{\beta}_s)} \quad (2.12)$$

dengan $SE(\hat{\beta}_s)$ diperoleh dari akar dari elemen diagonal dari matriks

$$\begin{aligned}
\text{Var}(\hat{\beta}) &= \text{Var}((\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}(\mathbf{X}'\mathbf{Y})) \\
&= (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}' \text{Var}(\mathbf{Y}) [(\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}']' \\
&= (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}' (\sigma^2 \mathbf{I}) \mathbf{X} (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1} \\
&= \sigma^2 (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}' \mathbf{X} (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1} \\
&= \sigma^2 (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}
\end{aligned}$$

dimana σ^2 didekati dengan nilai MSE

Tolak H_0 jika $\left| t_{hitung} \right| > t_{\frac{\alpha}{2}; (n-(p+r)-1)}$.

2.7 Kriteria Keباikan Model

Salah satu ukuran yang sering digunakan untuk mengetahui kebaikan suatu model yaitu koefisien determinasi atau R^2 . Koefisien ini menunjukkan seberapa besar persentase variasi variabel prediktor yang digunakan dalam model mampu menjelaskan variasi variabel respon. Model yang baik adalah model yang dapat menjelaskan variabilitas dari variabel respon dengan baik (R^2 tinggi) (Drapper & Smith, 1992).

Nilai R^2 dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$R^2 = \frac{SSR}{SST} = \frac{\hat{\beta}'\mathbf{X}'\mathbf{Y} - n\bar{Y}^2}{\mathbf{Y}'\mathbf{Y} - n\bar{Y}^2} \quad (2.13)$$

Keterangan

SSR = Sum Square regression

SST = Sum Square Total

y_i = observasi respon ke-i

\bar{y} = rata-rata respon

\hat{y}_i = nilai dugaan respon ke-i

2.8 Pengujian Asumsi Residual

Pemeriksaan asumsi residual dari model regresi spline bersifat sama seperti halnya pemeriksaan residual regresi parametrik yaitu asumsi identik, independen dan berdistribusi normal.

2.8.1 Asumsi residual identik

Uji identik digunakan untuk melihat homogenitas dari varians residual. Asumsi identik tidak terpenuhi jika varians dari residual tidak homogen atau terjadi *heteroskedastisitas*. Tujuan mendeteksi adanya kasus heteroskedastisitas adalah untuk mengurangi kerugian bagi efisiensi estimator (Eubank & Thomas, 1993). Salah satu cara yang bisa digunakan untuk mendeteksi adanya heteroskedastisitas adalah dengan menggunakan uji *Glejser* yaitu dengan meregresikan nilai mutlak residual dengan variabel prediktor. Hipotesis yang digunakan adalah:

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_n^2 = \sigma^2$$

$$H_1: \text{minimal ada satu } \sigma_i^2 \neq \sigma^2, i = 1, 2, \dots, n$$

Statistik uji yang digunakan adalah:

$$F_{hitung} = \frac{\left[\sum_{i=1}^n (|\hat{e}_i| - |\bar{e}|)^2 \right] / (p+r)}{\left[\sum_{i=1}^n (|e_i| - |\hat{e}_i|)^2 \right] / (n-(p+r)-1)} \quad (2.14)$$

Keputusan: Tolak H_0 jika $F_{hitung} > F_{tabel} (F_{\alpha, ((p+r), n-(p+r)-1)})$.

2.8.2 Asumsi residual independen

Uji independen digunakan untuk mengetahui ada tidaknya korelasi antar residual. Salah satu cara untuk mendeteksi residual bersifat independen atau tidak yaitu dengan menggunakan plot *Autocorrelation Function* (ACF) (Wei, 2006).

Interval konfidensi untuk parameter ρ_k diberikan oleh:

$$-t_{n-1; \frac{\alpha}{2}} SE(\hat{\rho}_k) < \rho_k < t_{n-1; \frac{\alpha}{2}} SE(\hat{\rho}_k) \quad (2.15)$$

Bila terdapat nilai autokorelasi yang keluar dari batas konfidensi maka dapat dikatakan asumsi independen tidak terpenuhi. Begitu sebaliknya, bila tidak terdapat autokorelasi yang keluar dari batas signifikansi menunjukkan bahwa asumsi independen terpenuhi.

2.8.3 Asumsi residual berdistribusi normal

Uji ini digunakan untuk mengetahui apakah residual

mengikuti distribusi normal atau tidak. Uji yang digunakan adalah uji *Kolmogorov Smirnov* dengan hipotesis sebagai berikut (Daniel, 1989):

$H_0: F_0(x) = F(x)$ (residual mengikuti distribusi normal)

$H_1: F_0(x) \neq F(x)$ (residual tidak mengikuti distribusi normal)

Statistik uji yang digunakan adalah:

$$D = \text{Sup} |F_0(x) - S_n(x)| \quad (2.16)$$

$F_0(x)$ adalah fungsi distribusi frekuensi kumulatif
 $S_n(x) = k/N$ adalah fungsi distribusi peluang kumulatif tang diobservasi dari suatu sampel random dengan N observasi. Sementara, k adalah banyaknya observasi yang sama atau kurang dari x .

Keputusan: Tolak H_0 jika $|D| > q_{(1-\alpha)}$ dimana nilai $q_{(1-\alpha)}$ berdasarkan tabel *Kolmogorov Smirnov*.

2.9 Indeks Ketahanan Pangan

Indeks ketahanan pangan adalah indeks yang digunakan untuk mengetahui ketahanan pangan suatu daerah. Indeks ini terdiri dari tiga dimensi yaitu dimensi ketersediaan pangan, keterjangkauan sulit atau tidaknya akses pangan dan pemanfaatan pangan (BPS, 2014). Nilai indeks ketahanan didapatkan dengan menjumlahkan skor dari ketiga dimensi utama indeks ketahanan pangan selanjutnya dibagi tiga.

2.9.1 Definisi Ketahanan Pangan

Dari perspektif sejarah istilah ketahanan pangan (*food security*) muncul dan dibangkitkan karena kejadian krisis pangan dan kelaparan. Istilah ketahanan pangan dalam kebijakan pangan dunia pertama kali digunakan pada tahun 1971 oleh PBB untuk membebaskan dunia terutama negara-negara berkembang dari krisis produksi dan suplay makanan pokok. Fokus ketahanan pangan pada masa itu menitik beratkan pada pemenuhan kebutuhan pokok dan membebaskan daerah dari krisis pangan yang nampak pada definisi ketahanan pangan oleh PBB sebagai berikut: *food security is availability to avoid acute food shortages in the event of wide spread coop vailure or other disaster* (Syarief,

Hidayat, Hardiansyah, & Sumali, 1999). Selanjutnya definisi tersebut disempurnakan pada Internasional Conference of Nutrition 1992 yang disepakati oleh pimpinan negara anggota PBB sebagai berikut: tersedianya pangan yang memenuhi kebutuhan setiap orang baik dalam jumlah dan mutu pada setiap saat untuk hidup sehat, aktif dan produktif.

Di Indonesia, secara formal dalam dokumen perencanaan pembangunan nasional, istilah kebijakan dan program ketahanan pangan diadopsi sejak tahun 1992 (Repelita VI) yang definisi formalnya dicantumkan dalam undang-undang pangan tahun 1996. Dalam pasal 1 undang-undang pangan tahun 1996, ketahanan pangan didefinisikan sebagai kondisi terpenuhinya pangan bagi rumah tangga yang tercermin dari tersedianya pangan yang cukup baik jumlah maupun mutunya, merata dan terjangkau. Definisi ini menunjukkan bahwa target akhir dari ketahanan pangan adalah pada tingkat rumah tangga. (Baricello & Rick, 2000).

Berdasarkan undang-undang RI Nomor 7 Tahun 1996, ketahanan pangan merupakan kondisi terpenuhinya pangan bagi rumah tangga yang tercermin dari tersedianya pangan yang cukup, baik jumlah maupun mutunya, aman, merata dan terjangkau. Pengembangan ketahanan pangan mempunyai perspektif yang sangat mendasar dikarenakan beberapa hal berikut.

1. Akses terhadap pangan dengan gizi yang seimbang bagi segenap rakyat Indonesia merupakan hak yang paling azasi bagi manusia.
2. Keberhasilan dalam pengembangan kualitas sumber daya manusia sangat ditentukan oleh keberhasilan pemenuhan kecukupan dan konsumsi pangan dan gizi.
3. Ketahanan pangan merupakan basis atau pilar utama dalam mewujudkan ketahanan ekonomi dan ketahanan nasional yang berkelanjutan.

Ketahanan pangan merupakan suatu sistem yang terintegrasi yang terdiri atas berbagai subsistem. Subsistem utamanya adalah ketersediaan pangan, distribusi pangan dan konsumsi pangan.

1. Subsistem ketersediaan pangan mencakup aspek produksi, cadangan serta keseimbangan antara impor dan ekspor pangan.

Ketersediaan pangan harus dikelola sedemikian rupa sehingga walaupun produksi pangan bersifat musiman, terbatas dan tersebar antar wilayah, tetapi volume pangan yang tersedia bagi masyarakat harus cukup jumlah dan jenisnya serta stabil penyediaannya dari waktu ke waktu.

2. Subsistem distribusi pangan mencakup aspek aksesibilitas secara fisik dan ekonomi atas pangan secara merata. Sistem distribusi bukan semata-mata menyangkut aspek fisik dalam arti pangan tersedia di semua lokasi yang membutuhkan, tetapi juga masyarakat. Surplus pangan di tingkat wilayah belum menjamin kecukupan pangan bagi individu masyarakatnya. Sistem distribusi ini perlu dikelola secara optimal dan tidak bertentangan dengan mekanisme pasar terbuka agar tercapai efisiensi dalam proses pemerataan akses pangan bagi seluruh penduduk.
3. Subsistem konsumsi pangan menyangkut upaya peningkatan pengetahuan dan kemampuan masyarakat agar mempunyai pemahaman atas pangan, gizi dan kesehatan yang baik, sehingga dapat mengelola konsumsinya secara optimal. Konsumsi pangan hendaknya memperhatikan asupan pangan dan gizi yang cukup dan berimbang, sesuai dengan kebutuhan bagi pembentukan manusia yang sehat, kuat, cerdas dan produktif. Dalam subsistem konsumsi terdapat aspek penting lain yaitu aspek diversifikasi (BKP, 2014).

2.9.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Indeks Ketahanan Pangan Beras

Berdasarkan tiga dimensi ketahanan yang diambil dari BPS didapatkan beberapa faktor-faktor yang juga mempengaruhi Indeks Ketahanan Pangan Beras. Penelitian mengenai ketahanan pangan telah dilakukan oleh Ilham dan Sinaga (2003), hasil penelitiannya menunjukkan bahwa tingkat konsumsi, keanekaragaman pangan dan pendapatan layak dijadikan indikator ketahanan pangan karena mempunyai hubungan yang erat dengan berbagai ukuran ketahanan pangan. Penelitian serupa juga dilakukan oleh Darwanto (2005), dengan hasil keterkaitan antara kegiatan impor dan tingkat kesejahteraan rumah tangga petani

berpengaruh kuat terhadap ketahanan pangan yang berdampak pada kenaikan harga beras.

Penelitian selanjutnya mengenai ketahanan pangan dilakukan oleh Sukandar (2006) dimana hasil penelitian menyebutkan bahwa ketahanan pangan dipengaruhi secara signifikan oleh jumlah anggota rumah tangga, umur suami dan kategori keluarga. Satu tahun kemudian telah diteliti kembali mengenai ketahanan pangan oleh Khalik (2007). Berdasarkan penelitian tersebut diperoleh bahwa dari berbagai faktor sosial ekonomi, faktor yang berpengaruh signifikan terhadap tingkat ketahanan pangan suatu pedesaan adalah luas lahan, tingkat pendapatan per kapita dan tingkat pendidikan kepala rumah tangga.

Tanziha dan Herdiana (2009) juga pernah melakukan penelitian serupa, hasilnya adalah tidak terdapatnya hubungan yang signifikan antara pendidikan KRT, pendidikan IRT, pengeluaran gizi ibu dan dukungan sosial terhadap ketahanan pangan rumah tangga, sebaliknya terdapat hubungan yang signifikan antara jumlah anggota rumah tangga dan pengeluaran per kapita terhadap ketahanan pangan rumah tangga. Di salah satu kabupaten di Jawa Timur, yakni di Kabupaten Jember pernah dilakukan penelitian mengenai ketahanan pangan yakni oleh Meilita (2009) dengan hasil bahwa Indeks Ketahanan Pangan dipengaruhi oleh luas tanam lahan padi di Kabupaten Jember yang berpengaruh positif terhadap respon dan jumlah penduduk yang berpengaruh negatif terhadap respon.

Penelitian terhadap ketahanan pangan dalam sektor beras pernah dilakukan oleh Afrianto (2007). Dalam penelitian tersebut disebutkan bahwa luas panen dan rata-rata produksi berpengaruh positif terhadap ketahanan pangan dan harga beras berpengaruh negatif terhadap ketahanan pangan. Penelitian serupa dilakukan oleh Malik dan Rahman (2010). Hasil dari penelitian tersebut adalah faktor yang berpengaruh signifikan terhadap ketahanan pangan dalam sektor padi adalah tingkat konsumsi dan luas panen padi. Penelitian sebelumnya mengenai ketahanan pangan di Jawa Timur pernah dilakukan oleh Hanani (2009). Hasil penelitian menyebutkan bahwa ketahanan pangan dipengaruhi oleh 11

indikator yang terbagi menjadi tiga aspek yakni aspek ketersediaan, aspek akses pangan dan aspek kesehatan.

Ketiga subsistem utama dalam ketahanan pangan beras dapat diwakili oleh faktor-faktor lain. Berdasarkan Badan Ketahanan Pangan faktor-faktor yang mewakili ketahanan pangan beras diantaranya adalah sebagai berikut.

1. Berdasarkan subsistem ketersediaan pangan beras, faktor yang mewakili adalah produktivitas padi. Produktivitas padi diperoleh berdasarkan perhitungan terhadap luas lahan panen dengan total produksi padi.
2. Berdasarkan subsistem distribusi pangan. Berdasarkan Badan Ketahanan Pangan, distribusi pangan adalah proses mudah atau tidaknya mendapatkan bahan pangan. Dalam hal ini faktor yang mewakili adalah indeks daya beli. Indeks daya beli merupakan indikator suatu daerah dalam hal kemampuan daya beli bahan konsumsi pangan.
3. Berdasarkan subsistem konsumsi pangan, faktor yang mempengaruhi adalah jumlah tingkat permintaan beras dalam suatu daerah. Dalam hal ini permintaan beras dapat meningkat berdasarkan jumlah penduduk yang semakin meningkat pula.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder dari 38 kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur yang diambil dari Badan Pusat Statistika Provinsi Jawa Timur dan Badan Ketahanan Pangan Provinsi Jawa Timur tahun 2013. Data yang digunakan mencakup data mengenai Indeks Ketahanan Pangan beras dan faktor-faktor yang diduga mempengaruhi redahnya Indeks Ketahanan Pangan dalam khususnya beras di Provinsi Jawa Timur.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian kali ini berupa variabel prediktor dan variabel respon. Dengan variabel respon merupakan Indeks Ketahanan Pangan dalam khususnya beras di provinsi Jawa Timur, dan variabel prediktor berupa faktor-faktor yang mempengaruhi Indeks Ketahanan Pangan dalam khususnya beras di Jawa timur, yang disajikan dalam Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Variabel Penelitian

Variabel	Keterangan	Definisi Operasional
y	Indeks Ketahanan Pangan beras kabupaten/kota di Jawa Timur	Menyatakan acuan setiap kabupaten/kota dalam hal ketercapaian ketahanan pangan.
x_1	Persentase Produksi Padi di Kabupaten/kota di Jawa Timur	Merupakan jumlah dari total produksi padi dibagi dengan jumlah keseluruhan produksi padi
x_2	Pengeluaran perkapita dalam sektor beras Kabupaten/kota di Jawa Timur	Rata-rata pengeluaran perorangan dalam mengkonsumsi bahan makanan berupa beras.
x_3	Indeks Daya Beli petani Kabupaten/kota di Jawa Timur	Indikator penentuan kemampuan kabupaten/kota dalam hal daya beli konsumsi makanan

x_4	Persentase lahan pangen kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur	Merupakan jumlah totalh lahan panen dibagi dengan luas wilayah secara keseluruhan.
x_5	Kepadatan Penduduk kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur	Menyatakan banyaknya penduduk per km ² .

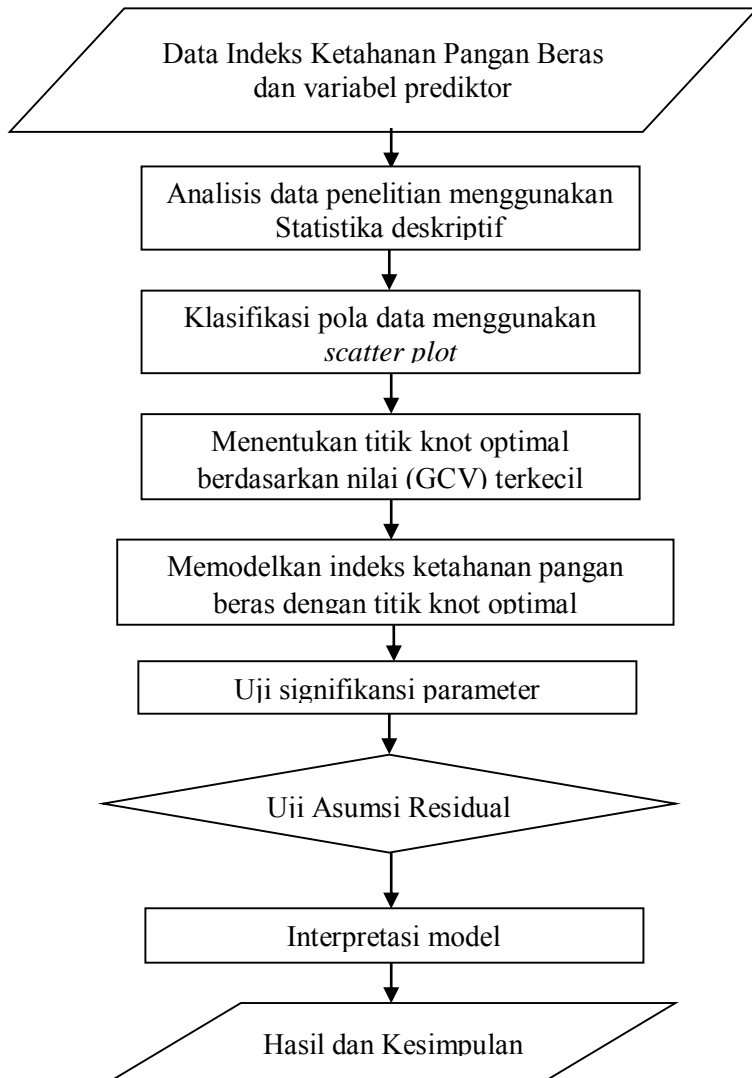
3.3 Metode Analisis Data

Berikut adalah langkah-langkah analisis yang dilakukan untuk menjawab tujuan dari penelitian adalah sebagai berikut.

1. Membuat statistika deskriptif dari masing-masing variabel untuk mengetahui karakteristik masing-masing kabupaten/kota di Jawa Timur.
2. Memodelkan Indeks Ketahanan Pangan beras di Jawa Timur dengan pendekatan *spline* dengan langkah sebagai berikut.
 - i. Membuat *scatterplot* antar variabel respon dengan masing masing variabel prediktor untuk mengetahui pola awal hubungan antar variabel.
 - ii. Memodelkan variabel respon dengan menggunakan *Spline* linier dan berbagai titik knot.
 - iii. Menentukan titik-titik optimal yang didasarkan pada nilai GCV minimum
 - iv. Menetapkan model Regresi Spline terbaik dengan titik knot optimal.
3. Menentukan variabel yang berpengaruh terhadap Indeks Ketahanan Pangan Beras di Provinsi Jawa Timur dengan langkah sebagai berikut
 - i. Menguji signifikansi parameter secara serentak dan parsial berdasarkan model yang telah dibuat serta menentukan koefisien determinasi R^2 .
 - ii. Melakukan uji asumsi residual
 - iii. Menginterpretasi hasil analisis dan mengambil kesimpulan.

3.4 Diagram Alir

Gambar 3.1 merupakan diagram alir dari penelitian yang dilakukan.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab analisis dan pembahasan akan dilakukan berbagai pembahasan mengenai data indeks ketahanan pangan beras dan faktor-faktor yang diduga mempengaruhi. Data tersebut selanjutnya akan dianalisis dengan menggunakan metode statistika deskriptif untuk mengetahui karakteristik dari variabel dan dilakukan pemodelan dengan menggunakan metode Regresi Nonparametrik Spline.

4.1 Deskripsi Karakteristik Indeks Ketahanan Pangan Beras dan Faktor-Faktor yang Diduga Mempengaruhi

Indeks Ketahanan Pangan merupakan indikator terbaik yang digunakan untuk mengukur ketersediaan pangan suatu daerah. Seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, Indeks Ketahanan Pangan dipengaruhi oleh tiga subsistem utama, yakni ketersediaan pangan, distribusi pangan dan konsumsi pangan. Jawa timur mempunyai jumlah penduduk yang banyak yang sehingga kebutuhan akan pangan semakin banyak, yang menyebabkan banyak dari kabupaten/kota di Jawa timur mengalami krisis kerawanan pangan. Berikut merupakan deskripsi mengenai Indeks Ketahanan Pangan beras dan beberapa faktor yang mempengaruhinya, yang ditunjukkan dalam Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Deskripsi Indeks Ketahanan Pangan Beras dan Faktor yang Diduga Mempengaruhi

Variabel	Rata-Rata	Varians	Minimum	Maksimum
y	86,764	11,940	78,39	94,42
x ₁	2,632	4,593	0,03	8,00
x ₂	589,600	30.925,200	373,20	1.042,10
x ₃	66,334	4,487	61,92	70,28
x ₄	22,490	88,570	1,56	39,41
x ₅	1.849,000	4.400.075,000	272,00	8035,00

Berdasarkan Tabel 4.1 dapat diketahui bahwa rata-rata Indeks Ketahanan Pangan di Jawa Timur ada tahun 2013 adalah

86,764 dengan varians sebesar 11,94. Indeks Ketahanan Pangan terbesar di kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur adalah sebesar 94,42 Indeks Ketahanan Pangan Terkecil di Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur adalah 78,39. Indeks Ketahanan Pangan di Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur mempunyai berbagai macam variasi, hal ini dikarenakan terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi terdapatnya variasi Indeks Ketahanan Pangan di Provinsi Jawa Timur. Beberapa faktor yang diduga mempengaruhi antara lain adalah Persentase produksi padi, pengeluaran perkapita dalam sektor beras, Indeks Daya Beli, Persentase luas panen padi, dan kepadatan penduduk kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur. Persentase produksi padi (x_1) per kabupaten/kota mempunyai rata-rata 2,632 persen selama tahun 2013, dengan variansi yang tidak begitu besar yakni 4,595. Sedangkan jumlah produksi padi maksimum adalah sebesar 8 persen per tahun 2013 dan jumlah produksi minimum adalah sebesar 0,031 persen per tahun 2013.

Rata-rata pengeluaran perkapita dalam sektor padi (x_2) per kabupaten/kota adalah sebesar 589,6 ribu rupiah/tahun. Untuk rata-rata pengeluaran perkapita dalam sektor padi terbesar kabupaten/kota adalah 1.042,1 ribu rupiah/tahun, sedangkan untuk rata-rata pengeluaran perkapita dalam sektor beras terkecil adalah 373,2 ribu rupiah/tahun. Variasi nilai rata-rata pengeluaran perkapita cukup besar antara kabupaten/kota, hal ini dapat dilihat dari nilai varians yang cukup besar pula. Rata-rata indeks daya beli (x_3) per kabupaten/kota adalah 66,334. Indeks daya beli per kabupaten/kota di Jawa Timur tidak mempunyai variasi yang cukup besar, hal ini dapat dilihat dari nilai varians indeks daya beli yang cukup kecil, yakni 4,49. Nilai maksimum dari indeks daya beli per kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur adalah 70,28, sedangkan nilai terkecilnya adalah 61,92.

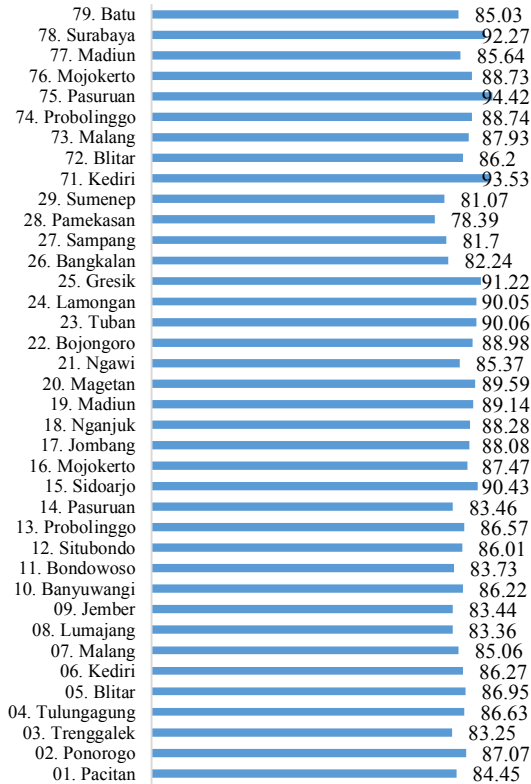
Variabel Persentase luas panen padi (x_4) per kabupaten/kota di provinsi Jawa Timur tahun 2013 mempunyai rata-rata 22,49 persen. Luas panen terbesar di Provinsi Jawa Timur adalah 39,41 hektar, sedangkan luas panen terkecil terdapat pada salah satu kota di Provinsi Jawa Timur, yakni sebesar 1,56 persen. Terdapat variasi yang tidak begitu besar pada variabel luas panen padi di Provinsi Jawa Timur. Kepadatan penduduk (x_5) di Provinsi Jawa

Timur per kabupaten/kota mempunyai rata-rata sebesar 1.849 jiwa per km², dengan kepadatan penduduk terbesar di kabupaten/kota di provinsi Jawa Timur adalah 8.035 jiwa per km² dan kepadatan penduduk terkecil adalah 124 ribu jiwa. Terdapat variasi yang cukup besar pada kepadatan penduduk antara kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur. Hal ini dikarenakan terdapat kota dengan penduduk yang tidak terlalu banyak di Provinsi Jawa Timur. Kota tersebut berada dalam wilayah kabupaten di Jawa Timur, sehingga tidak banyak penduduk yang menghuni kota tersebut.

Indeks ketahanan pangan beras di kabupaten/kota Provinsi Jawa timur disajikan dalam diagram batang untuk memudahkan pembaca melihat kota mana yang mempunyai indeks ketahanan pangan yang tinggi maupun yang rendah, yang ditunjukkan pada Gambar 4.1.

Kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur yang mempunyai indeks ketahanan pangan beras tertinggi adalah Kota Pasuruan dengan nilai indeksnya adalah 94,42. Kota Surabaya memiliki indeks ketahanan yang tertinggi ketiga setelah Kota Pasuruan dan Kota Kediri. Kabupaten/kota yang memiliki indeks ketahanan pangan yang cukup tinggi ini mengindikasikan ketersediaan bahan pangan di kabupaten/kota tersebut yang masih dalam keadaan lebih. Kota Pasuruan memiliki kemampuan daya beli dari daerahnya yang cukup tinggi didukung dengan mudahnya akses masuk dan keluar bahan makanan terutama dari kota yang memiliki indeks ketahanan pangan tertinggi. Sedangkan Kabupaten Pamekasan memiliki nilai indeks ketahanan pangan terendah diantara kabupaten/kota lainnya di Provinsi Jawa Timur, dengan nilai indeks ketahanan pangan adalah 78,39. Selain Kabupaten Pamekasan, kabupaten/kota lainnya memiliki indeks ketahanan pangan yang bernilai lebih dari 80. Kabupaten yang termasuk rendah dalam hal indeks ketahanan pangan ini dikarenakan produktivitas pangan dalam hal beras pada kabupaten ini dalam rentang masih rendah, sehingga menyebabkan kurangnya ketersediaan pangan beras dari kabupaten tersebut. Dalam hal kemampuan daya beli daerah ini juga dalam keadaan rendah sehingga menyebabkan kurang lancarnya distribusi beras untuk kabupaten tersebut. Terdapat 17 kabupaten/kota yang memiliki

nilai indeks ketahanan pangan di atas rata-rata keseluruhan indeks ketahanan pangan di Provinsi Jawa Timur, selain itu sisanya memiliki nilai indeks ketahanan pangan yang lebih rendah dari pada rata-rata keseluruhan nilai indeks ketahanan pangan di Provinsi Jawa Timur.



Gambar 4.1 Diagram Batang Indeks Ketahanan Pangan Beras

4.3.1 Persentase Produksi Padi

Persentase produksi padi (x_1) di Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur merupakan jumlah keseluruhan produksi padi kabupaten/kota pada tahun 2013 dibagi dengan total eseluruhan produksi padi pada tahun 2013 dalam bentuk Persentase. Kabupaten Jember merupakan kabupaten dengan Persentase produksi padi terbesar diantara Kabupaten/Kota lainnya, dengan

Persentase produksi padi di Kabupaten Jember pada tahun 2013 adalah sebesar 8,0004 persen dalam satu tahun. Kabupaten Lamongan merupakan kabupaten dengan peringkat kedua dengan Persentase produksi padi terbesar di Jawa Timur, selanjutnya diikuti oleh kabupaten Bojonegoro yang menduduki peringkat ketiga dengan Persentase produksi padi di Provinsi Jawa Timur. Persentase produksi padi yang besar dapat dikarenakan faktor luas lahan panen yang cukup besar. Kabupaten dengan Persentase produksi padi yang besar memiliki lahan panen padi yang cukup besar pula. Sedangkan untuk Persentase produksi padi terendah, terdapat pada kota-kota yang ada di Jawa Timur. Hampir semua kota di Jawa Timur memiliki Persentase produksi padi yang cukup rendah. Hal ini dikarenakan kurangnya lahan pertanian yang ada di Kota di Jawa Timur. Alih fungsi lahan panen padi menjadi perumahan juga menyebabkan produksi padi pada kota-kota di Provinsi Jawa Timur rendah.

4.3.2 Pengeluaran Perkapita dalam Sektor Beras

Pengeluaran perkapita dalam sektor beras (x_2) merupakan variabel kedua yang diduga mempengaruhi Indeks Ketahanan Pangan di Provinsi Jawa Timur. Dalam hal ini, rata-rata pengeluaran perkapita penduduk di Jawa Timur dibatasi pada pengeluaran dalam sektor beras. Kabupaten/kota dengan rata-rata pengeluaran perkapita terbesar adalah kota Surabaya dengan nilai 1.042,088 ribu rupiah/tahun. Surabaya merupakan Kota dengan penduduk terbesar di Provinsi Jawa Timur. Hal ini menyebabkan kebutuhan akan beras di kota Surabaya cukup tinggi pula. Dalam kondisi finansial, kota Surabaya memiliki rata-rata pengeluaran perkapita dalam sektor beras tertinggi. Faktor banyaknya penduduk merupakan salah satu alasan mengapa Surabaya memiliki rata-rata pengeluaran perkapita cukup tinggi di antara kabupaten/kota yang lainnya. Kemudian disusul oleh Kota Madiun dengan nilai rata-rata pengeluaran per kapitanya adalah 1.034,615 ribu rupiah/tahun. Kota Malang merupakan kota dengan rata-rata pengeluaran perkapita terbesar ketiga setelah kota Surabaya dan kota Madiun dengan rata-rata pengeluaran perkapita dalam sektor beras untuk Kota Malang adalah 963,163 ribu rupiah/tahun.

Kabupaten/kota dengan rata-rata pengeluaran perkapita dalam sektor beras terendah adalah kabupaten Sumenep dengan dengan nilai rata-rata pengeluaran perkapita dalam sektor beras untuk Kabupaten Sumenep adalah 373,185 ribu rupiah/tahun. Kabupaten Sampang merupakan kabupaten dengan peringkat ketiga terendah setelah Kabupaten Sumenep dan Pamekasan dengan rata-rata pengeluaran perkapita dalam sektor berasnya adalah 397,907 ribu rupiah/tahun. Kabupaten/kota dengan pengeluaran perkapita rendah dikarenakan populasi yang ada di daerah tersebut rendah pula, sehingga menyebabkan kebutuhan akan beras yang rendah pula. Terdapat 24 Kabupaten/Kota dengan rata-rata pengeluaran perkapita dalam sektor beras lebih kecil dari rata-rata, sedangkan sisanya memiliki rata-rata pengeluaran perkapita yang lebih besar daripada rata-rata secara keseluruhan.

4.3.3 Indeks Daya Beli

Indeks daya beli (x_3) merupakan variabel ketiga yang diduga mempengaruhi indeks ketahanan pangan beras di Provinsi Jawa Timur. Indeks daya beli merupakan indikator digunakan untuk melihat bagaimana kemampuan penduduk suatu kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur dalam membeli barang ataupun jasa. Indeks daya beli yang tinggi dapat digunakan sebagai alasan kota-kota besar dengan produksi padi yang kecil tetap memiliki indeks ketahanan pangan yang tinggi.

Indeks daya beli tertinggi di Provinsi Jawa Timur adalah pada Kota Surabaya dengan nilai indeksny adalah 70,28. Nilai yang paling tinggi di Kota Surabaya ini menandakan bahwa Surabaya merupakan kota dengan kemampuan membeli penduduknya paling tinggi diantara Kabupaten/kota lainnya. Hal ini dikarenakan sumber daya manusia di kota surabaya yang tinggi, rata-rata kemampuan finansial kota surabaya memiliki nilai yang tinggi daripada daerah lainnya, yang menyebabkan indeks daya beli dari kota surabaya memiliki nilai yang tinggi pula. Kota Pasuruan merupakan kota kedua yang memiliki nilai indeks daya beli tertinggi, selanjutnya kota-kota lainnya di Provinsi Jawa Timur yang memiliki nilai indeks daya beli yang hampir sama.

Kabupaten Bojonegoro memiliki nilai indeks daya beli yang paling rendah diantara Kabupaten/Kota lainnya di Provinsi Jawa

Timur dengan nilai indeksnya adalah 61,92. Hal ini dikarenakan akses jalur ke daerah terpencil di Kabupaten Bojonegoro yang dapat dikatakan sulit. Sehingga menyebabkan indeks daya beli pada Kabupaten Bojonegoro yang memiliki nilai yang rendah pula. Kemudian Kabupaten Ngawi merupakan Kabupaten yang memiliki indeks daya beli terendah kedua dengan nilai 62,94. Yang selanjutnya Kabupaten Madiun yang memiliki indeks daya beli terendah ketiga dengan nilai 63,3. Terdapat 21 Kabupaten/Kota yang memiliki nilai Indeks Daya beli kurang dari rata-rata, sedangkan 17 Kabupaten/Kota lainnya memiliki indeks daya beli yang lebih dari rata-rata.

4.3.4 Persentase Luas Panen

Persentase luas panen (x_4) merupakan variabel selanjutnya yang diduga mempengaruhi fluktuasi dari indeks ketahanan pangan beras di Provinsi Jawa Timur. Persentase uas lahan panen dalam hal ini dibatasi pada luas lahan tanam padi di Kabupaten/Kota baik pertanian sawah maupun ladang dalam satuan hektar dalam angka tahun 2013, dibagi dengan luas wilayah kabupaten/kota di provinsi Jawa Timur. Persentase luas lahan tanam padi dalam hal ini juga merupakan faktor yang mempengaruhi banyak atau sedikitnya jumlah produksi panen padi di kabupaten/kota yang ada di Provinsi Jawa Timur.

Tiga kabupaten yang memiliki luas panen padi yang lebih tinggi diantara kabupaten/kota lainnya. Tiga kabupaten tersebut adalah Kabupaten Lamongan dengan Persentase luas lahan panen 39,414 persen, Kota Jombang dengan Persentase luas lahan panen 35,691 persen dan Kabupaten Nganjuk dengan Persentase luas lahan panen 34,927 persen. Darah dengan luas panen yang tinggi menandakan belum gencarnya alih fungsi lahan pangan menjadi lahan hunian penduduk.

Kota di Provinsi Jawa Timur tidak begitu memiliki daerah lahan panen padi. Hal ini dikarenakan tingginya populasi di kota yang ada di provinsi jawa timur sehingga lahan panen yang seharusnya ada digunakan menjadi lahan hunian maupun pabrik.

4.3.5 Kepadatan Penduduk

Jumlah penduduk di Provinsi Jawa Timur menduduki peringkat kedua terbesar di Indonesia setelah Jawa Barat. Hal inilah yang menyebabkan permintaan akan bahan makanan di Provinsi Jawa Timur meningkat. Dalam kasus pemodelan indeks ketahanan pangan beras di Provinsi Jawa Timur, kepadatan penduduk dalam merupakan variabel yang diduga mempengaruhi Indeks ketahanan pangan beras. Kota Suabaya merupakan Kota dengan penduduk terpadat di Provinsi Jawa Timur. kemudian Kota Mojokerto merupakan Kota dengan penduduk terpadat kedua di Provinsi Jawa Timur, selanjutnya Kota Malang yang memiliki jumlah penduduk terpadat ketiga.

Kepadatan penduduk di Provinsi Jawa Timur memiliki rata-rata 1849 jiwa per km², dengan varians yang cukup besar yang bernilai 4.400.075. Hal ini menandakan besarnya variasi kepadatan penduduk di Jawa Timur karena belum adanya pemerataan jumlah penduduk untuk setiap wilayahnya. Tiga Kabupaten/Kota yang mempunyai wilayah dengan kepadatan penduduk terendah adalah Kabupaten Banyuwangi, kemudian Kabupaten Pacitan selanjutnya adalah Kabupaten Situbondo.

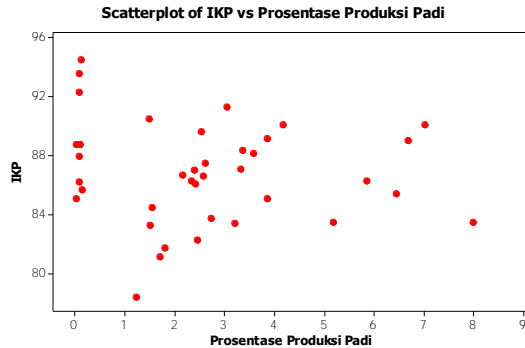
4.2 Pemodelan Indeks Ketahanan Pangan Beras dan Faktor-Faktor yang Diduga Mempengaruhi dengan Regresi Nonparametrik *Spline*

Langkah pertama yang dilakukan dalam pemodelan indeks ketahanan pangan beras dengan menggunakan indeks ketahanan pangan beras adalah dengan membuat *Scatterplot* untuk antara variabel respon dengan masing-masing variabel prediktor. Hal ini dilakukan untuk melihat apakah terdapat pola pada data indeks ketahanan pangan beras dan faktor-faktor yang mempengaruhi.

4.2.1 Hubungan Indeks Ketahanan Pangan Beras dan Faktor-Faktor yang Diduga Mempengaruhi

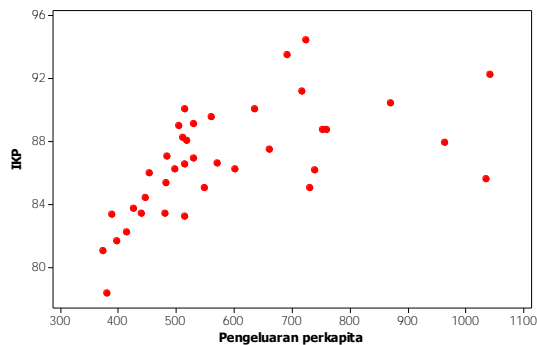
Mengetahui hubungan antara indeks ketahanan pangan dengan faktor-faktor yang diduga mempengaruhi merupakan langkah awal dalam melakukan pemodelan dengan menggunakan pendekatan regresi nonparametrik *spline*. Untuk mengetahui bagaimana hubungan secara visual antara indeks ketahanan pangan dengan faktor-faktor yang diduga mempengaruhi adalah dengan

menggunakan *Scatterplot*. Berikut merupakan identifikasi hubungan antara indeks ketahanan pangan beras dengan faktor-faktor yang diduga mempengaruhi.



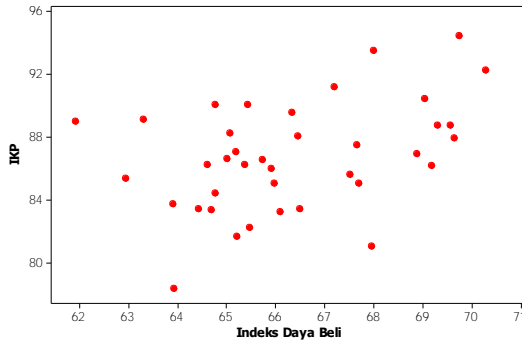
Gambar 4.2 Scatterplot *Indeks Ketahanan Pangan* dengan *Persentase Produksi Padi*

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa *Scatterplot* antara indeks ketahanan pangan beras dengan *Persentase produksi padi* tidak menunjukkan adanya kecenderungan membentuk pola tertentu. Hal ini dapat digunakan sebagai pertimbangan penggunaan pendekatan regresi nonparametrik spline. Selanjutnya dilakukan hal yang sama untuk variabel yang diduga mempengaruhi indeks ketahanan pangan.



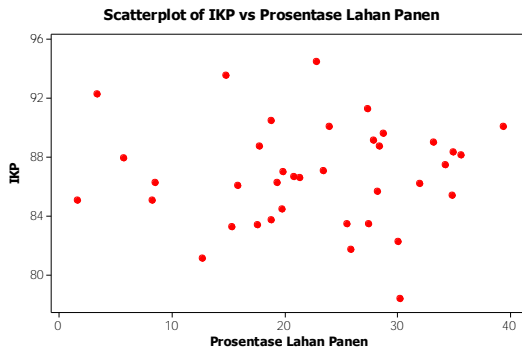
Gambar 4.3 *Scatterplot* Antara *Indeks Ketahanan Pangan* dan *Rata-Rata Pengeluaran Perkapita dalam Sektor Beras*

Pola yang terbentuk antara indeks ketahanan pangan (y) beras dengan rata-rata pengeluaran perkapita dalam sektor beras (x_2) pada Gambar 4.3 tidak memiliki pola tertentu, sehingga metode regresi nonparametrik spline sangat cocok digunakan untuk pemodelan.

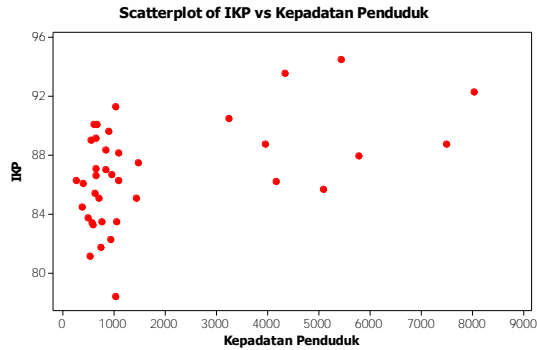


Gambar 4.4 Scatterplot antara Indeks Ketahanan Pangan dan Indeks Daya Beli

Pada Gambar 4.4 yang menerangkan pola hubungan antara indeks ketahanan pangan beras dan indeks daya beli tidak mengikuti pola tertentu, sehingga pemodelan indeks ketahanan pangan dengan menggunakan regresi nonparametrik spline dapat dilakukan.



Gambar 4.5 Scatterplot antara Indeks Ketahanan Pangan dan Persentase Luas Panen



Gambar 4.6 Scatterplot antara Indeks Ketahanan Pangan dan Kepadatan Penduduk

Berdasarkan Gambar 4.2 hingga Gambar 4.6 dapat dilihat bahwa antara indeks ketahanan pangan dan faktor-faktor yang diduga mempengaruhi tidak membentuk pola tertentu. pola yang dihasilkan dengan menggunakan Scatterplot akan menentukan metode apa yang akan digunakan. Oleh karena keseluruhan plot tidak membentuk pola tertentu, maka regresi nonparametrik spline dapat digunakan dalam pemodelan indeks ketahanan pangan beras.

4.2.2 Pemodelan Indeks Ketahanan Pangan Beras Menggunakan Regresi Nonparametrik Spline

Model regresi nonparametrik spline dilakukan setelah mengetahui bentuk hubungan antara indeks ketahanan pangan dan variabel yang diduga mempengaruhi. Model matematis dari regresi nonparametrik dengan satu variabel prediktor adalah sebagai berikut.

$$y_i = \sum_{j=0}^p \beta_j x_i^j + \sum_{m=1}^r \beta_{p+m} (x_i - k_m)_+^p + \varepsilon_i$$

Sementara model matematis dari regresi nonparametrik spline dengan lima variabel prediktor adalah sebagai berikut.

$$y_i = \sum_{h=1}^5 \left(\sum_{j=0}^p \beta_{hj} x_{hi}^j + \sum_{m=1}^r \beta_{h(p+m)} (x_{hi} - k_{hm})_+^p \right) + \varepsilon_i$$

Indeks ketahanan pangan kemudian akan dilakukan pemodelan dengan menggunakan regresi nonparametrik spline dengan menggunakan titik knot 1, 2, 3 dan kombinasi knot.

4.2.3 Pemilihan Titik Knot Optimal

Titik knot merupakan suatu titik dimana terdapat perubahan pada pola data pada fungsi regresi. Pemilihan titik knot merupakan hal yang sangat penting dalam proses pemodelan menggunakan regresi nonparametrik spline. Dalam hal ini pemilihan titik knot optimal menggunakan metode *Generalized Cross Validation* (GCV), dengan memilih nilai GCV paling minimum. Perhitungan nilai GCV dalam hal ini menggunakan 1 knot, 2 knot, 3 knot dan kombinasi knot.

Pemilihan titik knot diawali dengan menggunakan 1 titik knot, dengan model regresi nonparametrik spline pada kasus pemodelan indeks ketahanan pangan Provinsi Jawa Timur adalah sebagai berikut.

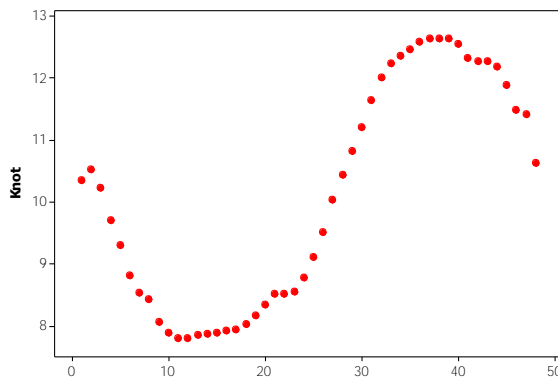
$$\hat{y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_1 + \hat{\beta}_2 (x_1 - k_1)_+ + \hat{\beta}_3 x_2 + \hat{\beta}_4 (x_2 - k_2)_+ + \hat{\beta}_5 x_3 + \hat{\beta}_6 (x_3 - k_3)_+ + \hat{\beta}_7 x_4 + \hat{\beta}_8 (x_4 - k_4)_+ + \hat{\beta}_9 x_5 + \hat{\beta}_{10} (x_5 - k_5)_+$$

Nilai GCV yang dihasilkan dengan menggunakan satu titik knot ditunjukkan dalam Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Nilai GCV untuk 1 Knot

Knot					GCV
x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	
1,50	496,045	63,46	8,51	1698	8,062506
1,66	509,696	63,63	9,29	1856	7,896432
1,82	523,347	63,80	10,06	2015	7,811202
1,98	536,998	63,97	10,83	2173	7,797980
2,15	550,649	64,14	11,60	2331	7,863103
2,31	564,300	64,31	12,38	2490	7,871368
2,47	577,951	64,48	13,15	2648	7,895388
2,63	591,602	64,65	13,92	2807	7,921405
2,80	605,253	64,82	14,69	2965	7,949354
2,96	618,904	64,99	15,47	3124	8,036111

Tabel 4.2 menunjukkan nilai GCV untuk setiap variabel dengan menggunakan satu knot. Nilai GCV minimum yang didapatkan adalah 7,79798 sehingga titik knot optimal untuk variabel Persentase produksi padi adalah $x_1 = 1,98$, pengeluaran perkapita $x_2 = 536,998$, indeks daya beli $x_3 = 63,97$, luas panen padi $x_4 = 10,83$ dan jumlah penduduk $x_5 = 2.173$. Perhitungan nilai GCV didapatkan dengan pengkombinasian knot-knot dari variabel prediktor. GCV optimum dengan menggunakan satu knot didapatkan berdasarkan nilai GCV minimum. Berikut merupakan gambaran dari hasil perhitungan pengkombinasian titik knot dari variabel prediktor yang ditunjukkan pada Gambar 4.7



Gambar 4.7 Perhitungan GCV dengan menggunakan 1 knot

Hasil tersebut selanjutnya akan dibandingkan dengan menggunakan dua knot, tiga knot dan kombinasi knot. Perbandingan hasil nilai GCV paling minimum diharapkan dapat menghasilkan model regresi nonparametrik spline terbaik.

Penentuan pendekatan regresi nonparametrik dua knot dilakukan dengan cara yang serupa dengan menggunakan satu titik knot. Model regresi spline dengan dua titik knot adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\hat{y} = & \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_1 + \hat{\beta}_2 (x_1 - k_1)_+ + \hat{\beta}_3 (x_1 - k_2)_+ + \hat{\beta}_4 x_2 + \hat{\beta}_5 (x_2 - k_3)_+ + \\ & \hat{\beta}_6 (x_2 - k_4)_+ + \hat{\beta}_7 x_3 + \hat{\beta}_8 (x_3 - k_5)_+ + \hat{\beta}_9 (x_3 - k_6)_+ + \hat{\beta}_{10} x_4 + \\ & \hat{\beta}_{11} (x_4 - k_7)_+ + \hat{\beta}_{12} (x_4 - k_8)_+ + \hat{\beta}_{13} x_5 + \hat{\beta}_{14} (x_5 - k_9)_+ + \\ & \hat{\beta}_{15} (x_5 - k_{10})_+\end{aligned}$$

Nilai GCV yang dihasilkan dengan menggunakan dua titik knot ditunjukkan oleh Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Nilai GCV untuk 2 Knot

Knot					GCV
x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	
1,33	482,394	63,28	7,74	1540	6,2587149
3,77	687,160	65,84	19,33	3916	
1,50	496,045	63,46	8,51	1698	6,3095045
2,96	618,904	64,99	15,47	3124	
1,50	496,045	63,46	8,51	1698	6,1884938
3,61	673,509	65,67	18,56	3758	
1,50	496,045	63,46	8,51	1698	6,0902913
3,77	687,160	65,84	19,33	3916	
1,50	496,045	63,46	8,51	1698	6,1814667
3,93	700,811	66,01	20,10	4075	
1,50	496,045	63,46	8,51	1698	6,1413362
4,10	714,462	66,19	20,87	4233	
1,50	496,045	63,46	8,51	1698	6,0169044
4,26	728,113	66,36	21,65	4392	
1,66	509,696	63,63	9,29	1857	6,2770821
4,10	714,462	66,19	20,87	4233	
1,66	509,696	63,63	9,29	1857	6,0156500
4,26	728,113	66,36	21,65	4392	
4,26	728,113	66,36	21,65	4392	6,2146786
4,42	741,764	66,53	22,42	4550	

Tabel 4.3 memberikan beberapa alternatif nilai knot untuk masing-masing variabel prediktor beserta nilai GCV, Nilai GCV minimum yang diperoleh dengan menggunakan 2 titik knot adalah 6,01565, dengan nilai knot untuk masing-masing variabel adalah sebagai berikut.

$$x_1 = 1,66 \text{ dan } 4,26$$

$$x_2 = 509,696 \text{ dan } 728,113$$

$$x_3 = 63,63 \text{ dan } 66,36$$

$$x_4 = 9,39 \text{ dan } 21,65$$

$$x_5 = 1857 \text{ dan } 4392$$

Setelah mendapatkan nilai titik knot optimum untuk dua knot, selanjutnya dilakukan pendekatan regresi nonparametrik dengan menggunakan tiga titik knot dengan cara yang serupa. Model regresi nonparametrik untuk tiga titik knot adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \hat{y} = & \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_1 + \hat{\beta}_2 (x_1 - k_1)_+ + \hat{\beta}_3 (x_1 - k_2)_+ + \hat{\beta}_4 (x_1 - k_3)_+ + \hat{\beta}_5 x_2 + \\ & \hat{\beta}_6 (x_2 - k_4)_+ + \hat{\beta}_7 (x_2 - k_5)_+ + \hat{\beta}_8 (x_2 - k_6)_+ + \hat{\beta}_9 x_3 + \hat{\beta}_{10} (x_3 - k_7)_+ + \\ & \hat{\beta}_{11} (x_3 - k_8)_+ + \hat{\beta}_{12} (x_3 - k_9)_+ + \hat{\beta}_{13} x_4 + \hat{\beta}_{14} (x_4 - k_{10})_+ + \\ & \hat{\beta}_{15} (x_4 - k_{11})_+ + \hat{\beta}_{16} (x_4 - k_{12})_+ + \hat{\beta}_{17} x_5 + \hat{\beta}_{18} (x_5 - k_{13})_+ + \\ & \hat{\beta}_{19} (x_5 - k_{14})_+ + \hat{\beta}_{20} (x_5 - k_{15})_+ \end{aligned}$$

Nilai GCV yang dihasilkan dengan menggunakan tiga titik knot ditunjukkan oleh Tabel 4.4

Tabel 4.4 Nilai GCV untuk 3 Titik Knot

Knot					GCV
x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	
1,33	482,394	63,28	7,74	1540	4,5843845
4,10	714,462	66,19	20,87	4233	
4,26	728,113	66,36	21,65	4392	
1,17	468,743	63,11	6,97	1381	4,8734756
4,10	714,462	66,19	20,87	4233	
4,26	728,113	66,36	21,65	4392	

Tabel 4 5 Nilai GCV untuk 3 Titik Knot (Lanjutan)

Knot					GCV
x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	
1,33	482,394	63,28	7,74	1540	4,9985188
3,77	687,160	65,84	19,33	3916	
5,07	796,369	67,21	25,51	5184	
1,33	482,394	63,28	7,74	1540	5,0043457
3,77	687,160	65,84	19,33	3916	
5,24	810,020	67,38	26,28	5342	
1,33	482,394	63,28	7,74	1540	5,0803545
3,77	687,160	65,84	19,33	3916	
5,40	823,671	67,55	27,05	5501	
1,33	482,394	63,28	7,74	1540	5,0595446
3,77	687,160	65,84	19,33	3916	
5,72	850,973	67,89	28,60	5817	
1,33	482,394	63,28	7,74	1540	4,7685749
4,10	714,462	66,19	20,87	4233	
4,42	741,764	66,53	22,42	4550	
1,50	496,045	63,46	8,51	1698	4,6367371
4,10	714,462	66,19	20,87	4233	
4,26	728,113	66,36	21,65	4392	
1,50	496,045	63,46	8,51	1698	4,9521522
4,10	714,462	66,19	20,87	4233	
4,42	741,764	66,53	22,42	4550	

Tabel 4.4 dan Tabel 4 5 merupakan hasil nilai GCV dengan menggunakan tiga knot. Nilai GCV minimum dengan menggunakan 3 knot adalah 4,584384 dengan knot untuk masing-masing variabel sebagai berikut.

untuk variabel x_1 :

$$K_1 = 1,33; K_2 = 4,10; K_3 = 4,26$$

untuk variabel x_2 :

$$K_1 = 482,394; K_2 = 714,462; K_3 = 728,113$$

untuk variabel x_3 :

$$K_1 = 63,28; K_2 = 66,19; K_3 = 66,36$$

untuk variabel x_4 :

$$K_1 = 7,74; K_2 = 20,87; K_3 = 21,65$$

dan untuk variabel x_5 :

$$K_1 = 1540; K_2 = 4233; K_3 = 4392$$

Selain menggunakan satu titik knot, dua titik knot dan tiga titik knot, maka dilakukan pemodelan indeks ketahanan pangan beras dengan pendekatan kombinasi knot. Kombinasi knot memungkinkan masing-masing variabel mempunyai jumlah knot optimum yang tidak sama. Tujuan dari penggunaan kobinasi knot adalah untuk membandingkan dan mencari titik knot yang paling optimum. Pemilihan titik knot optimum pada kombinasi knot dilakukan dengan memilih nilai GCV yang paling minimum. Pemilihan dengan menggunakan kombinasi knot selanjutnya akan dibandingkan dengan menggunakan satu, dua dan tiga knot, sehingga diharapkan didapatkan model regresi nonparametrik yang baik. Berikut merupakan hasil perhitungan GCV dengan menggunakan kombinasi knot yang ditunjukkan dalam Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Nilai GCV dengan menggunaka kombinasi knot

Knot					GCV
x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	
1,66	509,696	63,97	7,74	1540	4,084268
4,26	728,113		20,87	4233	
			21,65	4392	
1,66	509,696	63,63	7,74	1540	4,193091
4,26	728,113	66,36	20,87	4233	
			21,65	4392	

Tabel 4.7 Nilai GCV dengan menggunakan kombinasi knot (Lanjutan)

Knot					GCV
x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	
1,66	482,394	63,97	7,74	1857	4,321301
4,26	714,462		20,87	4392	
	728,113		21,65		
1,66	482,394	63,97	7,74	1540	4,102744
4,26	714,462		20,87	4233	
	728,113		21,65	4392	
1,66	482,394	63,63	7,74	1857	4,324725
4,26	714,462	66,36	20,87	4392	
	728,113		21,65		
1,66	482,394	63,63	7,74	1540	4,006534
4,26	714,462	66,36	20,87	4233	
	728,113		21,65	4392	
1,66	482,394	63,28	7,74	1540	4,292176
4,26	714,462	66,19	20,87	4233	
	728,113	66,36	21,65	4392	
1,33	482,394	63,97	7,74	1857	4,370656
4,10	714,462		20,87	4392	
4,26	728,113		21,65		
1,33	482,394	63,97	7,74	1540	4,196028
4,10	714,462		20,87	4233	
4,26	728,113		21,65	4392	
1,33	482,394	63,63	7,74	1540	4,224259
4,10	714,462	66,36	20,87	4233	
4,26	728,113		21,65	4392	

Tabel 4.6 dan Tabel 4.7 merupakan nilai GCV yang didapatkan dengan menggunakan kombinaai knot. Berdasarkan Tabel 4.6 dan Tabel 4.7 dapat diketahui bahwa nilai GCV minimum yang dihasilkan dengan menggunakan kombinasi knot adalah kombinasi 2,3,2,3,3 dengan nilai GCV adalah 4,006534,

dengan titik knot optimum untuk masing masing variabel adalah sebagai berikut.

untuk variabel x_1 :

$$K_1 = 1,66; K_2 = 4,26$$

untuk variabel x_2 :

$$K_1 = 482,394; K_2 = 714,462; K_3 = 728,113$$

untuk variabel x_3 :

$$K_1 = 63,63; K_2 = 66,36;$$

untuk variabel x_4 :

$$K_1 = 7,74; K_2 = 20,87; K_3 = 21,65$$

dan untuk variabel x_5 :

$$K_1 = 1540; K_2 = 4233; K_3 = 4392$$

Titik knot optimum untuk satu knot, dua knot, tiga knot dan kombinasi knot didapatkan, maka langkah selanjutnya adalah membandingkan nilai GCV dari masing masing nilai knot optimum yang telah didapatkan. Berikut merupakan perbandingan GCV minimum dengan berbagai titik knot yang ditunjukkan oleh Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Perbandingan Nilai GCV Minimum

Knot	GCV
1 Knot	7,797980
2 Knot	6,015650
3 Knot	4,584385
Kombinasi Knot	4,006534

Tabel 4.8. menunjukkan nilai GCV minimum untuk masing-masing knot. Titik knot optimal yang diperoleh dengan melihat nilai GCV minimum adalah 4,006534 dengan kombinasi knot 2,3,2,3,3. Hal ini juga menunjukkan bahwa model regresi nonparametrik spline terbaik adalah dengan menggunakan kombinasi knot. Nilai kombinasi GCV tersebut selanjutnya akan digunakan untuk memodelkan indeks ketahanan pangan beras di Provinsi Jawa Timur.

4.2.4 Pemodelan Indeks Ketahanan Pangan Beras dengan Menggunakan Titik Knot Optimal

Pemodelan indeks ketahanan pangan beras di Provinsi Jawa Timur dengan menggunakan titik knot optimal adalah dengan menggunakan kombinasi knot. Model regresi nonparametrik spline yang terbentuk dengan menggunakan kombinasi knot 2,3,3,2,2 secara umum adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\hat{y} = & \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_1 + \hat{\beta}_2 (x_1 - k_1)_+ + \hat{\beta}_3 (x_1 - k_2)_+ + \hat{\beta}_4 x_2 + \hat{\beta}_5 (x_2 - k_3)_+ + \\ & \hat{\beta}_6 (x_2 - k_4)_+ + \hat{\beta}_7 (x_2 - k_5)_+ + \hat{\beta}_8 x_3 + \hat{\beta}_9 (x_3 - k_6)_+ + \hat{\beta}_{10} (x_3 - k_7)_+ + \\ & \hat{\beta}_{11} x_4 + \hat{\beta}_{12} (x_4 - k_8)_+ + \hat{\beta}_{13} (x_4 - k_9)_+ + \hat{\beta}_{14} (x_4 - k_{10})_+ + \hat{\beta}_{15} x_5 + \\ & \hat{\beta}_{16} (x_5 - k_{11})_+ + \hat{\beta}_{17} (x_5 - k_{12})_+ + \hat{\beta}_{18} (x_5 - k_{13})_+\end{aligned}$$

Hasil penaksiran parameter regresi nonparametric spline ditunjukkan dalam Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Estimasi Parameter Regresi Nonparametrik Spline

Variabel	Parameter	Estimasi Parameter
	β_0	0,1040
x_1	β_1	8,3163
	β_2	-7,7614
	β_3	-1,3273
	β_4	0,0430
x_2	β_5	-0,0192
	β_6	-0,3104
	β_7	0,2629
	β_8	1,1503
x_3	β_9	-1,5917
	β_{10}	0,9286
	β_{11}	-2,8316
x_4	β_{12}	3,1217
	β_{13}	-0,1013
	β_{14}	-0,1272

Tabel 4.10 Estimasi Parameter Regresi Nonparametrik Spline (Lanjutan)

Variabel	Parameter	Estimasi Parameter
x_5	β_{15}	-0,0042
	β_{16}	0,0102
	β_{17}	0,0253
	β_{18}	-0,0322

Berdasarkan Tabel 4.9 dan Tabel 4.10 didapatkan persamaan model regresi nonparemetrik spline sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\hat{y} = & 0,104 + 8,316x_1 - 7,761(x_1 - 1,66)_+ - 1,1327(x_1 - 4,26)_+ + \\ & 0,0423x_2 - 0,019(x_2 - 428,394)_+ - 0,31(x_2 - 714,462)_+ + \\ & 0,263(x_2 - 728,113)_+ + 1,15x_3 - 1,592(x_3 - 63,63)_+ + \\ & 0,928(x_3 - 66,36)_+ - 2,832x_4 + 3,122(x_4 - 7,74)_+ + \\ & - 0,101(x_4 - 20,87)_+ - 0,127(x_4 - 21,65)_+ - 0,004x_5 + \\ & 0,01(x_5 - 1540)_+ + 0,025(x_5 - 4233)_+ - 0,032(x_5 - 4392)_+\end{aligned}$$

Model regresi nonparametrik spline dengan menggunakan kombinasi knot 2,3,2,3,3 tersebut memiliki nilai $R^2 = 90,64\%$. Hal tersebut berarti variabel yang diduga mempengaruhi indeks ketahanan pangan mampu menjelaskan variabilitas indeks ketahanan pangan sebesar 90,64%.

4.3 Penentuan Variabel yang Berpengaruh Terhadap Indeks Ketahanan Pangan Beras

Penentuan variabel berpengaruh dilakukan untuk melihat apakah variabel yang diduga mempengaruhi indeks ketahanan pangan benar-benar berpengaruh signifikan atau tidak dengan menggunakan pengujian parameter dan pemenuhan asumsi klasik.

4.3.1 Pengujian Parameter Model dengan Regresi Nonparametrik Spline

Pengujian signifikansi parameter model regresi nonparametrik spline dilakukan untuk mengetahui apakah variabel pediktor memberikan pengaruh yang signifikan terhadap variabel respon (indeks ketahanan pangan). Pengujian parameter model dilakukan dengan 2 tahap, yakni pengujian parameter secara serentak, dan secara individu.

4.3.3.1 Pengujian Parameter Secara Serentak

Pengujian parameter secara serentak dilakukan untuk melihat signifikansi parameter terhadap variabel respon secara keseluruhan dengan melibatkan seluruh variabel prediktor dengan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_{18} = 0$$

$$H_1: \text{minimal ada satu } \beta_s \neq 0, s = 1, 2, \dots, 18$$

Hasil pengujian secara serentak diberikan pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 ANOVA Model Regresi Nonparametrik Spline

Sumber	df	SS	MS	Fhit	P-Value
Regresi	18	408,5833	22,6991	10,22625	0,00
Error	19	42,1740	2,2196		
Total	37	450,7574			

Tabel 4.11 merupakan ANOVA (*Analysis of Variance*) dari pengujian estimasi parameter secara serentak. Nilai MSR dan MSE masing masing adalah 22,69907 dan 2,219686. Perbandingan antara MSR dan MSE didapatkan nilai F-hitung sebesar 10,22625 dengan p-value 0,000. Nilai F-hitung ini lebih besar daripada $F_{0,05(18;19)} = 2,188$. P-value yang dihasilkan berdasarkan pengujian secara serentak lebih kecil daripada nilai $\alpha(0,05)$, sehingga dapat diambil keputusan tolak H_0 yang artinya minimal terdapat satu variabel yang membeikan pengaruh signifikan terhadap model. Untuk mengetahui variabel mana yang memberikan pengaruh signifikan dan variabel mana yang tidak memberikan pengaruh signifikan dilakukan pengujian parameter secara individu.

4.3.3.2 Pengujian Parameter Secara Individu

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, pengujian parameter secara individu dilakukan untuk mengetahui variabel mana yang mempunyai pengaruh signifikan dan variabel mana yang tidak mempunyai pengaruh yang signifikan dengan hipoesis sebagai berikut.

$$H_0: \beta_s = 0$$

$$H_1: \beta_s \neq 0, s = 1, 2, \dots, 18$$

Hasil pengujian parameter secara individu diberikan pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Hasil Pengujian Parameter Secara Individu

Variabel	Parameter	Koefisien	T-hitung	P-value	Keputusan	Kesimpulan
x_1	β_0	0,104	5,126	0,0001	Tolak H_0	Signifikan
	β_1	8,316	4,078	0,0006	Tolak H_0	Signifikan
	β_2	-7,761	-3,397	0,0030	Tolak H_0	Signifikan
	β_3	-1,327	-1,589	0,1287	Gagal Tolak H_0	Tidak Signifikan
x_2	β_4	0,043	3,961	0,0008	Tolak H_0	Signifikan
	β_5	-0,019	-1,340	0,1959	Gagal Tolak H_0	Tidak Signifikan
	β_6	-0,310	-2,154	0,0443	Tolak H_0	Signifikan
	β_7	0,263	1,801	0,0876	Gagal Tolak H_0	Tidak Signifikan
x_3	β_8	1,150	12,815	0,0000	Tolak H_0	Signifikan
	β_9	-1,592	-3,898	0,0010	Tolak H_0	Signifikan
	β_{10}	0,929	1,264	0,2216	Gagal Tolak H_0	Tidak Signifikan
x_4	β_{11}	-2,832	-4,807	0,0001	Tolak H_0	Signifikan
	β_{12}	3,122	4,811	0,0001	Tolak H_0	Signifikan
	β_{13}	-0,101	-0,067	0,9470	Gagal Tolak H_0	Tidak Signifikan
	β_{14}	-0,127	-0,087	0,9317	Gagal Tolak H_0	Tidak Signifikan
x_5	β_{15}	-0,004	-2,863	0,0100	Tolak H_0	Signifikan
	β_{16}	0,010	4,689	0,0002	Tolak H_0	Signifikan
	β_{17}	0,025	1,754	0,0955	Gagal Tolak H_0	Tidak Signifikan
	β_{18}	-0,032	-2,173	0,0426	Tolak H_0	Signifikan

Tabel 4.12 menunjukkan parameter yang signifikan dan yang tidak signifikan untuk setiap variabel. Apabila p-value dibandingkan dengan nilai $\alpha(0,05)$ terdapat 7 parameter yang

mempunyai *p-value* yang lebih besar daripada $\alpha(0,05)$. Parameter tersebut dapat dikatakan tidak signifikan terhadap model. Sementara itu variabel yang berpengaruh secara signifikan terhadap model merupakan parameter dari kelima variabel yang diduga mempengaruhi indeks ketahanan pangan beras. Sehingga meskipun terdapat 7 parameter yang tidak berpengaruh signifikan, namun secara keseluruhan kelima variabel tersebut memberikan pengaruh nyata terhadap model.

4.3.2 Pengujian Asumsi Residual

Uji asumsi residual (*goodness of fit*) adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui apakah residual yang dihasilkan dari model regresi telah memenuhi asumsi. Asumsi tersebut antara lain adalah asumsi identik, independen dan berdistribusi normal (*IIDN*).

4.3.4.1 Uji Identik

Uji asumsi identik terpenuhi jika terdapat indikasi bahwa tidak terdapatnya kasus heteroskedastisitas. Metode yang digunakan dalam pengujian adalah uji Glejser untuk melihat apakah residual dari model memenuhi asumsi identik atau tidak dengan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_n^2 = \sigma^2$$

$$H_1: \text{minimal ada satu } \sigma_i^2 \neq \sigma^2, i = 1, 2, \dots, 38$$

Hasil uji glejser diberikan pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 ANOVA Uji Glejser

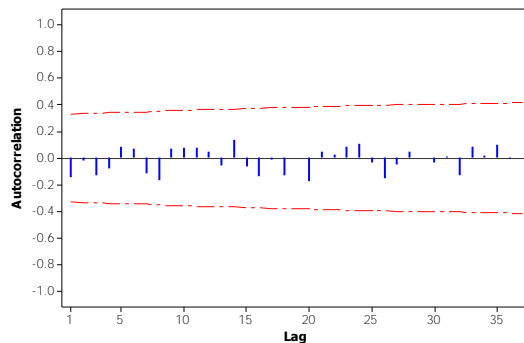
Sumber	df	SS	MS	F-hitung	P-Value
Regresi	18	5,951241	0,330625	0,656013	0,8119
Error	19	9,575821	0,503991		
Total	37	15,527060			

Tabel 4.13 merupakan ANOVA (*Analysis of Variance*) dari pengujian estimasi parameter secara serentak. Nilai MSR dan MSE masing masing adalah 0,330625 dan 0,503991. Perbandingan antara MSR dan MSE didapatkan nilai F-hitung sebesar 0,656013 dengan *p-value* 0,8119. Nilai F-hitung ini lebih kecil daripada $F_{0,05(18;19)} = 2,188$. *P-value* yang dihasilkan berdasarkan pengujian

secara serentak lebih kecil daripada nilai $\alpha(0,05)$, sehingga dapat diambil keputusan gagal tolak H_0 yang artinya tidak terdapat kasus heteroskedastisitas. Sehingga dapat dikatakan pula bahwa residual sudah memenuhi asumsi identik.

4.3.4.2 Uji Independen

Pengujian asumsi independen juga harus dipenuhi setelah asumsi identik terpenuhi. Asumsi residual independen terpenuhi apabila tidak terdapat korelasi antar residual. Salah satu cara untuk mendeteksi adanya independensi pada residual adalah dengan menggunakan plot ACF (*Autocorrelation Function*). Apabila terdapat nilai pada lag tertentu yang keluar batas signifikansi maka dapat dikatakan bahwa residual tidak independen. Berikut merupakan plot ACF dari residual yang ditunjukkan pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Plot ACF Residual

Berdasarkan plot ACF yang ditunjukkan pada Gambar 4.8 dapat dilihat bahwa nilai autokorelasi yang keluar dari batas signifikansi mulai dari lag 1 sampai pada lag 38. Sehingga asumsi residual independen dapat dikatakan sudah terpenuhi.

4.3.4.3 Uji Asumsi Distribusi Normal

Pengujian asumsi distribusi normal dilakukan untuk mengetahui apakah residual mengikuti asumsi distribusi normal atau tidak. Salah satu metode yang digunakan untuk melihat

apakah residual berdistribusi normal adalah dengan menggunakan uji *Kolmogorov Smirnov* dengan hipotesis sebagai berikut.

$H_0: F_0(x) = F(x)$ (residual mengikuti distribusi normal)

$H_1: F_0(x) \neq F(x)$ (residual tidak mengikuti distribusi normal)

Tabel 4.14 Uji *Kolmogorof Smirnof*

Mean	0,001372
St. Deviasi	1,068000
n	38,00000
K-Smirnov	0,086000
P-value	>0,150000

Tabel 4.14 menunjukkan hasil uji distribusi normal dengan menggunakan uji *Kolmogorof Smirnof*. P-value yang dihasilkan pada uji sebesar >0,150. Nilai tersebut lebih besar daripada nilai $\alpha(0,05)$, sehingga H_0 gagal ditolak yang artinya residual mengikuti distribusi normal.

Berdasarkan pengujian asumsi residual yang telah dihasilkan, residual sudah mengikuti asumsi identik, independen dan berdistribusi normal (*IIDN*), sehingga tidakperlu adanya transformasi pada data, dan dapat dilanjutkan untuk analisis selanjutnya.

4.3.3 Interpretasi Model Regresi Nonparametrik Spline

Berdasarkan hasil analisis regresi yang telah dilakukan sebelumnya, model regresi nonparametrik spline yang terbaik adalah dengan menggunakan kombinasi knot, dengan nilai $R^2 = 90,64\%$, yang artinya variabel yang diduga mempengaruhi indeks ketahanan pangan mampu menjelaskan variabilitas indeks ketahanan pangan sebesar 90,64%. Berikut merupakan hasil model terbaik regresi nonparametrik spline yang terbentuk.

$$\begin{aligned}\hat{y} = & 0,104 + 8,316x_1 - 7,761(x_1 - 1,66)_+ - 1,1327(x_1 - 4,26)_+ + \\ & 0,0423x_2 - 0,019(x_2 - 428,394)_+ - 0,31(x_2 - 714,462)_+ + \\ & 0,263(x_2 - 728,113)_+ + 1,15x_3 - 1,592(x_3 - 63,63)_+ + \\ & 0,928(x_3 - 66,36)_+ - 2,832x_4 + 3,122(x_4 - 7,74)_+ + \\ & - 0,101(x_4 - 20,87)_+ - 0,127(x_4 - 21,65)_+ - 0,004x_5 + \\ & 0,01(x_5 - 1540)_+ + 0,025(x_5 - 4233)_+ - 0,032(x_5 - 4392)_+\end{aligned}$$

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, kelima variabel yang diduga mempengaruhi indeks ketahanan pangan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap model. Interpretasi dilakukan pada variabel yang signifikan terutama pada parameter yang signifikan untuk mengetahui pengaruh masing-masing variabel terhadap indeks ketahanan pangan beras. Berikut merupakan interpretasi model yang terbentuk.

1. Pengaruh Persentase produksi padi (x_1) apabila variabel x_2, x_3, x_4 dan x_5 dianggap konstan adalah

$$\begin{aligned}\hat{y} &= 8,316x_1 - 7,761(x_1 - 1,66)_+ - 1,1327(x_1 - 4,26)_+ \\ &= \begin{cases} 8,316x_1 & ; x_1 < 1,66 \\ 0,551x_1 + 1,2632 & ; x_1 \geq 1,66 \end{cases}\end{aligned}$$

Berdasarkan model dapat diinterpretasikan bahwa apabila Persentase produksi padi pada kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur berada pada jumlah yang kurang dari 1,66 persen, maka pada kondisi ini apabila Persentase produksi padi bertambah sebesar satu persen, maka akan cenderung menambah indeks ketahanan pangan sebesar 0,555. Kondisi ini berlaku pada Kota Mojokerto, Kota Batu, Kota Blitar Kota Surabaya, Kota Kediri, Kota Malang, Kota Probolinggo Kota Pasuruan, Kota Madiun, Kabupaten Pamekasan, Kabupaten Sidoarjo, Kabupaten Trenggalek dan Kabupaten Pacitan. Sebaliknya apabila kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur memiliki Persentase produksi padi lebih besar dari 1,66 persen, maka cenderung akan menambah indeks ketahanan pangan sebesar 0,555. Kondisi ini berlaku pada kabupaten Sumenep, Kabupaten Sampang, Kabupaten Tulungagung, Kabupaten Kediri, Kabupaten Blitar,

Kabupaten Situbondo, Kabupaten Bangkalan, Kabupaten Magetan, Kabupaten Magetan, Kabupaten Probolinggo, Kabupaten Mojokerto, Kabupaten Bondowoso, Kabupaten Gresik, Kabupaten Lumajang, Kabupaten Ponorogo, Kabupaten Nganjuk, Kabupaten Jombang, Kabupaten Malang, Kabupaten Madiun, Kabupaten Tuban, Kabupaten Pasuruan, Kabupaten Banyuwangi, Kabupaten Ngawi, Kabupaten Bojonegoro, Kabupaten Lamongan dan Kabupaten Jember.

2. Pengaruh rata-rata pengeluaran perkapita (x_2) apabila variabel x_1, x_3, x_4 dan x_5 dianggap konstan adalah

$$\begin{aligned} \hat{y} &= 0,0423x_2 - 0,019(x_2 - 428,394)_+ - 0,31(x_2 - 714,462)_+ + \\ &\quad 0,263(x_2 - 728,113)_+ \\ &= \begin{cases} 0,0233x_2 + 8,1395 & ; & x_2 < 714,462 \\ 229,663 - 0,2867x_2 & ; & 714,462 \leq x_2 < 728,223 \\ 38,1289 - 0,0237x_2 & ; & x_2 \geq 728,223 \end{cases} \end{aligned}$$

Berdasarkan model dapat diinterpretasikan bahwa apabila rata-rata pengeluaran per kapita dalam sektor beras di kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur lebih kecil dari 714,462 ribu rupiah perkapita pertahun, maka dalam kondisi ini apabila pengeluaran perkapita dalam sektor beras bertambah sebesar seribu rupiah perkapita pertahun maka akan cenderung menambah indeks ketahanan pangan sebesar 0,0233. Kondisi seperti ini berlaku pada Kabupaten Sumenep, Kabupaten Pamekasan, Kabupaten Lumajang Kabupaten Sampang, Kabupaten Bangkalan, Kabupaten Bondowoso, Kabupaten Jember, Kabupaten Pacitan, Kabupaten Situbondo, Kabupaten Pasuruan, Kabupaten Ngawi, Kabupaten Ponorogo, Kabupaten Kediri, Kabupaten Bojonegoro, Kabupaten Nganjuk, Kabupaten Trenggalek, Kabupaten Probolinggo, Kabupaten Tuban, Kabupaten Jombang, Kabupaten Madiun, Kabupaten Blitar, Kabupaten Malang, Kabupaten Magetan, Kabupaten Tulungagung, Kabupaten Banyuwangi, Kabupaten Lamongan, Kabupaten Mojokerto dan Kota Kediri.

Kondisi kedua adalah apabila pengeluaran perkapita dalam sektor beras pada kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur berada pada rentang 714,462 ribu rupiah perkapita pertahun dan 728,113 ribu rupiah perkapita pertahun, pada kondisi ini apabila pengeluaran perkapita dalam sektor beras naik sebesar seribu rupiah perkapita pertahun, maka akan cenderung mengurangi indeks ketahanan pangan sebesar 0,2867. Kondisi ini berlaku pada Kabupaten Gresik dan Kota Pasuruan. Kemudian apabila pengeluaran perkapita dalam sektor beras di kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur lebih besar dari 728,113 ribu rupiah perkapita pertahun, pada kondisi ini apabila pengeluaran perkapita bertambah seribu rupiah perkapita pertahun, maka akan mengurangi indeks ketahanan pangan sebesar 0,0237. Kabupaten/kota yang berada pada wilayah ini adalah Kota Batu, Kota Blitar, Kota Probolinggo, Kota Mojokerto, Kota Sidoarjo, Kota Malang, Kota Madiun dan Kota Surabaya.

3. Pengaruh indeks daya beli (x_3) apabila variabel x_1, x_2, x_4 dan x_5 dianggap konstan adalah

$$\begin{aligned}\hat{y} &= 1,15x_3 - 1,592(x_3 - 63,63)_+ + 0,928(x_3 - 66,36)_+ \\ &= \begin{cases} 1,15x_3 & ; & x_3 < 63,63 \\ 101,299 - 0,442x_3 & ; & x_3 \geq 63,63 \end{cases}\end{aligned}$$

Berdasarkan model dapat diinterpretasikan bahwa apabila indeks daya beli di kabupaten/kota di Povinsi Jawa Timur lebih kecil dari 63,63, maka kondisi ini apabila indeks daya beli naik satu satuan, maka akan menambah indeks ketahanan pangan sebesar 1,15. Kabupaten/kota yang berada pada kondisi ini adalah Kabupaten Bondowoso, Kabupaten Ngawi, dan Kabupaten Madiun. Kabupaten/kota selain kota tersebut berada pada kondisi saat indeks daya beli memiliki nilai lebih besar dari pada 63,63, yang apabila indeks daya beli naik sebesar satu satuan, maka cenderung akan mengurangi indeks ketahanan pangan sebesar 0,442.

4. Pengaruh Persentase luas panen (x_4) apabila variabel x_1, x_2, x_3 dan x_5 dianggap konstan adalah

$$\begin{aligned}\hat{y} &= -2,832x_4 + 3,122(x_4 - 7,74)_+ - 0,101(x_4 - 20,87)_+ + \\ &\quad - 0,127(x_4 - 21,65)_+ \\ &= \begin{cases} -2,832x_4 & ; & x_4 < 7,74 \\ 0,29x_4 - 24,164 & ; & x_4 \geq 7,74 \end{cases}\end{aligned}$$

Apabila Persentase luas panen pada kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur kurang dari 7,74 persen, maka pada kondisi ini apabila Persentase luas panen padi bertambah satu persen, maka cenderung akan mengurangi indeks ketahanan pangan sebesar 2,832. Hal ini berlaku pada Kota Batu, Kota Surabaya dan Kota Malang. Kabupaten/Kota selain kota tersebut berada pada kondisi kedua, yakni apabila Persentase luas panen padi di kabupaten./kota di provinsi Jawa Timur lebih besar daripada 7,74 persen, maka apabila Persentase luas panen padi bertambah satu persen, maka cenderung akan menambah indeks ketahanan pangan sebesar 0,29.

5. Pengaruh kepadatan penduduk (x_5) apabila variabel

x_1, x_2, x_3 dan x_4 dianggap konstan adalah

$$\begin{aligned}\hat{y} &= -0,004x_5 + 0,01(x_5 - 1540)_+ + 0,025(x_5 - 4233)_+ + \\ &\quad - 0,032(x_5 - 4392)_+ \\ &= \begin{cases} -0,004x_5 & ; & x_5 < 1540 \\ 0,006x_5 - 15,4 & ; & 1540 \leq x_5 < 4392 \\ 19,319 - 0,001x_5 & ; & x_5 \geq 4392 \end{cases}\end{aligned}$$

Apabila kepadatan penduduk berada pada kondisi dimana kepadatan penduduk kurang dari 1540 jiwa per km², pada kondisi ini apabila kepadatan penduduk bertambah satu jiwa per km² maka akan mengurangi indeks ketahanan pangan sebesar 0,004. Hal ini berlaku pada Kabupaten Banyuwangi, Kabupaten Pacitan, Kabupaten Situbondo, Kabupaten Sumenep, Kabupaten Ojongoro, Kabupaten Lumajang, Kabupaten Trenggalek, Kabupaten Tuban, Kabupaten Ngawi, Kabupaten Madiun, Kabupaten Ponorogo, Kabupaten Probolinggo, Kabupaten Lamongan, Kabupaten Malang, Kabupaten Sampang, Kabupaten Jember, Kabupaten Nganjuk, Kabupaten Blitar, Kabupaten Magetan, Kabupaten Bangkalan,

Kabupaten Tulungagung, Kabupaten Gresik, Kabupaten Pamekasan, Kabupaten Pasuruan, Kabupaten Jombang, Kabupaten Kediri, Kabupaten Batu dan Kabupaten Mojokerto.

Kondisi kedua adalah apabila kepadatan penduduk di kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur berada pada range 1540 jiwa per km² dan 4392 jiwa per km², pada kondisi ini apabila kepadatan penduduk naik sebesar satu jiwa per km², maka akan menambah indeks ketahanan pangan sebesar 0,006. Kabupaten/kota yang berada dalam kondisi ini adalah Kabupaten Sidoarjo, Kota Probolinggo, Kota Blitar dan Kota Kediri. Kemudian apabila kepadatan penduduk di kabupaten/kota di provinsi Jawa Timur lebih dari 4392 per km² maka pada kondisi ini apabila kepadatan penduduk naik 1 jiwa per km², maka akan mengurangi indeks ketahanan pangan sebesar 0,001. Kota yang berada pada wilayah ini adalah Kota Madiun, Kota Pasuruan, Kota Malang, Kota Mojokerto dan Kota Surabaya.

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan mengenai indeks ketahanan pangan beras dan faktor yang diduga mempengaruhinya maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Rata-rata indeks ketahanan pangan di Provinsi Jawa Timur adalah 86,764 dengan varians sebesar 11,94. Indeks ketahanan pangan terendah di Provinsi Jawa Timur adalah Kabupaten Pamekasan dengan nilai indeks ketahanan pangan 78,39. Sedangkan Kota Pasuruan memiliki indeks ketahanan pangan tertinggi dengan nilai indeks ketahanan pangan 94,42.
2. Model regresi nonparametrik spline terbaik dengan titik knot optimal menggunakan kombinasi knot 2,3,2,3,3 dengan nilai GCV minimum yakni 4,00653, dengan model regresi nonparametriknya adalah
$$\begin{aligned}\hat{y} = & 0,104 + 8,316x_1 - 7,761(x_1 - 1,66)_+ - 1,1327(x_1 - 4,26)_+ + \\ & 0,0423x_2 - 0,019(x_2 - 428,394)_+ - 0,31(x_2 - 714,462)_+ + \\ & 0,263(x_2 - 728,113)_+ + 1,15x_3 - 1,592(x_3 - 63,63)_+ + \\ & 0,928(x_3 - 66,36)_+ - 2,832x_4 + 3,122(x_4 - 7,74)_+ + \\ & - 0,101(x_4 - 20,87)_+ - 0,127(x_4 - 21,65)_+ - 0,004x_5 + \\ & 0,01(x_5 - 1540)_+ + 0,025(x_5 - 4233)_+ - 0,032(x_5 - 4392)_+\end{aligned}$$
3. Berdasarkan pengujian parameter didapatkan bahwa variabel yang berpengaruh signifikan terhadap indeks ketahanan pangan pada tahun 2013 adalah prosentase produksi padi, rata-rata pengeluaran perkapita dalam sektor beras, indeks daya beli, prosentase luas panen padi dan kepadatan penduduk, dengan koefisien determinasi yang terbentuk berdasarkan model adalah sebesar 90,64%. Hal tersebut berarti variabel yang diduga mempengaruhi indeks ketahanan pangan mampu menjelaskan variabilitas indeks ketahanan pangan sebesar 90,64%.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan penulis untuk instansi terkait serta penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Diharapkan untuk pemerintah memberikan perhatian lebih terhadap variabel yang signifikan terhadap indeks ketahanan pangan, sehingga indeks ketahanan pangan bisa memiliki nilai yang diharapkan pemerintah. Serta memperhatikan wilayah-wilayah yang diduga dapat mengurangi nilai indeks ketahanan pangan beras, pada kondisi-kondisi tertentu.
2. Penambahan variabel lain yang dapat mewakili dimensi distribusi pangan, selain indeks daya beli, sehingga pemodelan indeks ketahanan pangan bisa lebih baik lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrianto, D. (2007). *Analisis Pengaruh Stok Beras, Luas Panen, Rata-Rata Produksi, Harga Beras, dan Jumlah Beras Terhadap Ketahanan Pangan di Jawa Tengah*. Semarang: Fakultas Ekonomi Universitas Diponegoro.
- Anwar, S. (2014). *Regresi Nonparametrik Spline untuk Pemodelan Tingkat Pengangguran Terbuka di Jawa Barat*. Surabaya: Jurusan Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Badan Ketahanan Pangan (2014, 12 16). *Badan Ketahanan Pangan*. Retrieved from Kementerian Pertanian Republik Indonesia: bkp.pertanian.go.id
- Badan Pusat Statistik (2014, 12 16). *bps.go.id*. Retrieved from <http://bps.go.id/int/index.php/indikator/634>
- Baricello, & Rick. (2000). *Evaluating Government Politycy for Food Security : Indonesia*. Berlin: University of British Columbia.
- Bintariningrum, M. F. (2014). *Pemodelan Regresi Nonparametrik Spline Truncated dan Aplikasinya pada Angka Kelahiran Kasar di Surabaya*. Surabaya: Jurusan Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Budiantara, I. N. (2009). *Spline dalam Regresi Nonparametrik dan Semiparametrik : Sebuah Pemodelan Statistika Masa Kini dan Masa Mendatang*. Surabaya: ITS Press.
- Daniel, W. W. (1989). *Statistika Nonparametrik Terapan*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Darwanto, D. H. (2005). Ketahanan Pangan Berbasis Produksi dan Kesejahteraan Petani. *Ilmu Pertanian*, 152-164.
- Dewi, N. A. (2014). *Analisis Diskursus Peran Aktor dalam Isu Ketahanan Pangan di Jawa Timur (Studi pada Perum Bulog Jatim, Surabaya)*. Malang: Universitas Brawijaya Malang.
- Dinas Pertanian (2001). Jakarta: Departemen Pertanian.

- Drapper, N. R., & Smith, H. (1992). *Analisis Regresi Terapan*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Eubank, R. L. (1988). *Spline Smoothing and Nonparametric Regression*. New York: Marcel Decker Inc.
- Eubank, R. L., & Thomas, W. (1993). Detecting Heterocedasticity in Nonparametric Regression. *Journal of the American Statistical Association*, 387-392.
- Hanani, N. (2009). *Analisis Kerawanan Pangan Wilayah Kota di Profinsi Jawa Timur*. Malang: Jurusan Sosial Ekonomi Pertanian.
- Hardle, W. (1990). *Applied Nonparametric regression*. New York: Cambridge University Press.
- Ilham, N., & Sinaga, B. M. (2003). Penggunaan Pangsa Pengeluaran Pangan Sebagai Indikator Komposit Ketahanan Pangan. *Pusat Analisis Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian Bogor*.
- Khalik, A. (2007). Ketahanan Pangan Masyarakat Pedesaan (Studi Kasus desa Pammusureng, Kecamatan Bonto Cani, Kabupaten Bone). *Jurnal Agristem*.
- Maleha, & Sutanto, A. (2006). *Kajian Konsep Ketahanan Pangan*. Malang: Perikanan Universitas Muhamadiyah Malang.
- Malik, A., & Rahman, A. (2010). *Analisis Ketersediaan Pangan Beras di Provinsi Jambi*. Jambi.
- Meilita, I. (2009). *Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Ketahanan Pangan di Kabupaten Jember*. Jember: Fakultas Ekonomi Universitas Jember.
- Puradisastra, M. D. (2006). *Analisis Ketahanan Pangan Kabupaten Nganjuk Berdasarkan Nagka Kecukupan Energi dan Pola Pangan Harapan Wilayah*. Bogor: Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Sari, S. U. (2014). *Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Gizi Buruk Balita di Kabupaten Sampang dengan Menggunakan Regresi Nonpara,etrik Spline*. Surabaya: Jurusan Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Sukandar, D. (2006). Studi Ketahanan Pangan Pada Rumah Tangga Miskin dan Tidak Miskin. *Gizi Indon*.

- Sukandar, D., Komsan, A., Anwar, F., & R, H. (2006). Studi Ketahanan Pangan Pada Rumah Tangga Miskin dan Tidak Miskin. *Gizi Indon*.
- Sutrisno, N., & Wibowo, R. (2007). *Strategi Pembangunan Ketahanan Pangan*. Solo: Makalah pada Kopernas XV dan Kongres XIV PERHEPI.
- Syarief, Hidayat, Hardiansyah, & Sumali. (1999). *Membenahi Konsep Ketahanan Pangan Indonesia*. Bogor.
- Tanziha, I., & Herdiana, E. (2009). Analisis Jalur Faktor-Faktor yang mempengaruhi Ketahanan Pangan di Kabupaten Lebak Profinsi Banten. *Jurnal Gizi dan Pangan*, 106-115.
- Walpole, R. E. (1995). *Pengantar Metode Statistika*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Wei, W. W. (2006). *Time Series Univariate and Multivariate Methods*. Canada: Addison Wesley Publishing Company.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Indeks Ketahanan Pangan Beras dan Faktor-Faktor yang Diduga Mempengaruhi pada Tahun 2013	61
Lampiran 2. Program GCV 1 Knot	62
Lampiran 3 Program GCV 3 Knot	65
Lampiran 4 Program GCV 3 Knot	68
Lampiran 5 Program GCV Kombinasi	71
Lampiran 6 Program Uji Serentak dan Uji Individu Model Nonparametrik Spline	78
Lampiran 7 <i>Output</i> Uji Signifikansi Parameter Serentak dan Individu	82
Lampiran 8 Residual Model	84
Lampiran 9 Program GCV Kombinasi	85
Lampiran 10 <i>Output</i> Uji Glejser	87

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Indeks Ketahanan Pangan Beras dan Faktor-Faktor yang Diduga Mempengaruhi pada Tahun 2013

Kab/Kota	y	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
01. Pacitan	84,45	1,55	446,696	64,77	19,74	391,83
02. Ponorogo	87,07	3,34	484,752	65,18	23,44	657,92
03. Trenggalek	83,25	1,52	514,06	66,1	15,33	593,57
04. Tulungagung	86,63	2,15	570,023	65,01	20,84	954,49
05. Blitar	86,95	2,40	530,668	68,88	19,87	846,35
06. Kediri	86,27	2,34	498,194	64,6	19,37	1101,31
07. Malang	85,06	3,85	547,98	65,97	8,23	709,81
08. Lumajang	83,36	3,21	389,223	64,68	17,61	568,53
09. Jember	83,44	8,00	440,143	64,42	25,52	768,18
10. Banyuwangi	86,22	5,86	600,861	65,37	8,49	272,34
11. Bondowoso	83,73	2,74	426,717	63,91	18,83	491,71
12. Situbondo	86,01	2,41	453,725	65,91	15,83	395,7
13. Probolinggo	86,57	2,58	514,801	65,74	21,35	662,6
14. Pasuruan	83,46	5,18	481,25	66,5	27,47	1056,18
15. Sidoarjo	90,43	1,49	870,342	69,05	18,80	3254,78
16. Mojokerto	87,47	2,62	661,563	67,65	34,24	1478,69
17. Jombang	88,08	3,59	518,742	66,45	35,69	1098,09
18. Nganjuk	88,28	3,38	511,063	65,07	34,93	840,79
19. Madiun	89,14	3,87	529,828	63,3	27,85	644,06
20. Magetan	89,59	2,53	560,215	66,34	28,80	902,33
21. Ngawi	85,37	6,45	481,569	62,94	34,91	632,11
22. Bojongoro	88,98	6,69	504,64	61,92	33,23	555,89
23. Tuban	90,06	4,18	514,853	64,77	23,93	620,42
24. Lamongan	90,05	7,02	634,616	65,44	39,41	673,69
25. Gresik	91,22	3,05	716,216	67,2	27,36	1033,12

Lanjutan Lampiran 1. Data Indeks Ketahanan Pangan Beras dan Faktor-Faktor yang Diduga Mempengaruhi pada Tahun 2013

Kab/Kota	y	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
26. Bangkalan	82,24	2,45	414,166	65,48	30,06	935,96
27. Sampang	81,7	1,81	397,907	65,21	25,87	743,78
28. Pamekasan	78,39	1,23	381,004	63,92	30,23	1046,81
29. Sumenep	81,07	1,71	373,185	67,96	12,68	529,75
71. Kediri	93,53	0,09	690,814	68	14,75	4352,98
72. Blitar	86,2	0,08	738,374	69,19	32,03	4168,22
73. Malang	87,93	0,09	963,163	69,65	5,71	5789,96
74. Probolinggo	88,74	0,10	752,277	69,56	28,37	3968,93
75. Pasuruan	94,42	0,13	724,101	69,75	22,83	5434,12
76. Mojokerto	88,73	0,03	760,328	69,31	17,75	7506,25
77. Madiun	85,64	0,14	1034,615	67,52	28,24	5101,39
78. Surabaya	92,27	0,09	1042,088	70,28	3,37	8035,4
79. Batu	85,03	0,04	730,267	67,69	1,56	1440,33

Keterangan:

y : Indeks Ketahanan Pangan Beras

x_1 : Persentase produksi Padi

x_2 : Rata-Rata Pengeluaran Perkapita dalam Sektor Beras

x_3 : Indeks Daya Beli

x_4 : Persentase Luas Lahan Panen Padi

x_5 : Kepadatan Penduduk

Lampiran 2. Program GCV 1 Knot

```
GCV1=function(para)
{
  data=read.table("d://TA.txt",header=FALSE)
  data=as.matrix(data)
  p=length(data[,1])
  q=length(data[1,])
  m=ncol(data)-para-1
```

Lanjutan Lampiran 2. Program GCV 1 Knot

```

dataA=data[, (para+2):q]
F=matrix(0,nrow=p,ncol=p)
diag(F)=1
nk= length(seq(min(data[,2]),max(data[,2]),length.out=50))
knot1=matrix(ncol=m,nrow=nk)
for (i in (1:m))
{
  for (j in (1:nk))
  {
    a=seq(min(dataA[,i]),max(dataA[,i]),length.out=50)
    knot1[j,i]=a[j]
  }
}
a1=length(knot1[,1])
knot1=knot1[2:(a1-1),]
aa=rep(1,p)
data1=matrix(ncol=m,nrow=p)
data2=data[,2:q]
a2=nrow(knot1)
GCV=rep(NA,a2)
Rsqr=rep(NA,a2)
for (i in 1:a2)
{
  for (j in 1:m)
  {
    for (k in 1:p)
    {
      if (data[k,(j+para+1)]<knot1[i,j]) data1[k,j]=0 else
data1[k,j]=data[k,(j+para+1)]-knot1[i,j]
    }
  }
}
mx=cbind(aa,data2,data1)
mx=as.matrix(mx)
C=pinv(t(mx)%*%mx)
B=C%*%(t(mx)%*%data[,1])
yhat=mx%*%B
SSE=0
SSR=0

```

Lanjutan Lampiran 2. Program GCV 1 Knot

```

for (r in (1:p))
{
  sum=(data[r,1]-yhat[r,])^2
  sum1=(yhat[r,]-mean(data[,1]))^2
  SSE=SSE+sum
  SSR=SSR+sum1
}
Rsq[i]=(SSR/(SSE+SSR))*100
MSE=SSE/p
A=mx%*%C%*%t(mx)
A1=(F-A)
A2=(sum(diag(A1))/p)^2
GCV[i]=MSE/A2
}
GCV=as.matrix(GCV)
Rsq=as.matrix(Rsq)
cat("=====", "\n")
cat("Nilai Knot dengan Spline linear 1 knot", "\n")
cat("=====", "\n")
print (knot1)
cat("=====", "\n")
cat("Rsq dengan Spline linear 1 knot", "\n")
cat("=====", "\n")
print (Rsq)
cat("=====", "\n")
cat("HASIL GCV dengan Spline linear 1 knot", "\n")
cat("=====", "\n")
print (GCV)
s1=min(GCV)
print(max(Rsq))
cat("=====", "\n")
cat("HASIL GCV terkecil dengan Spline linear 1 knot", "\n")
cat("=====", "\n")
cat(" GCV =",s1, "\n")
write.csv(GCV,file="d:/output GCV1.csv")
write.csv(Rsq,file="d:/output Rsq1.csv")
write.csv(knot1,file="d:/output knot1.csv")
}

```

Lampiran 3 Program GCV 2 Knot

```

GCV2=function()
{
  data=read.table("D:/TA.txt", header=FALSE)
  data=as.matrix(data)
  p=length(data[,1])
  q=length(data[1,])
  m=ncol(data)-1
  F=matrix(0,nrow=p,ncol=p)
  diag(F)=1
  nk= length(seq(min(data[,2]),max(data[,2]),length.out=50))
  knot=matrix(ncol=m,nrow=nk)
  for (i in (1:m))
  {
    for (j in (1:nk))
    {
      a=seq(min(data[,i+1]),max(data[,i+1]),length.out=50)
      knot[j,i]=a[j]
    }
  }
  z=(nk*(nk-1)/2)
  knot2=cbind(rep(NA,(z+1)))
  for (i in (1:m))
  {
    knot1=rbind(rep(NA,2))
    for (j in 1:(nk-1))
    {
      for (k in (j+1):nk)
      {
        xx=cbind(knot[j,i],knot[k,i])
        knot1=rbind(knot1,xx)
      }
    }
  }
  knot2=cbind(knot2,knot1)
}

```

Lanjutan Lampiran 3 Program GCV 2 Knot

```

knot2=knot2[2:(z+1),2:(2*m+1)]
aa=rep(1,p)
data2=matrix(ncol=(2*m),nrow=p)
data1=data[,2:q]
a1=length(knot2[,1])
GCV=rep(NA,a1)
Rsq=rep(NA,a1)
for (i in 1:a1)
{
  for (j in 1:(2*m))
  {
    if (mod(j,2)==1) b=floor(j/2)+1 else b=j/2
    for (k in 1:p)
    {
      if (data1[k,b]<knot2[i,j]) data2[k,j]=0 else
data2[k,j]=data1[k,b]-knot2[i,j]
    }
  }
  mx=cbind(aa,data1,data2)
  mx=as.matrix(mx)
  C=pinv(t(mx)%*%mx)
  B=C%*%(t(mx)%*%data[,1])
  yhat=mx%*%B
  SSE=0
  SSR=0
  for (r in (1:p))
  {
    sum=(data[r,1]-yhat[r,])^2
    sum1=(yhat[r,]-mean(data[,1]))^2
    SSE=SSE+sum
    SSR=SSR+sum1
  }
  Rsq[i]=(SSR/(SSE+SSR))*100

```

Lanjutan Lampiran 3 Program GCV 2 Knot

```

MSE=SSE/p
A=mx%*%C%*%t(mx)
A1=(F-A)
A2=(sum(diag(A1))/p)^2
GCV[i]=MSE/A2
}
GCV=as.matrix(GCV)
Rsqr=as.matrix(Rsq)
cat("=====", "\n")
cat("Nilai Knot dengan Spline linear 2 knot", "\n")
cat("=====", "\n")
print (knot2)
cat("=====", "\n")
cat("Rsqr dengan Spline linear 2 knot", "\n")
cat("=====", "\n")
print (Rsqr)
cat("=====", "\n")
cat("HASIL GCV dengan Spline linear 2 knot", "\n")
cat("=====", "\n")
print (GCV)
s1=min(GCV)
cat("=====", "\n")
cat("HASIL GCV terkecil dengan Spline linear 2 knot", "\n")
cat("=====", "\n")
cat(" GCV =", s1, "\n")
write.csv(GCV, file="d:/output GCV2.csv")
write.csv(Rsqr, file="d:/output Rsq2.csv")
write.csv(knot2, file="d:/output knot2.csv")
}

```

Lampiran 4 Program GCV 3 Knot

```

GCV3=function(para)
{
  data=read.table("d://TA.txt",header=FALSE)
  data=as.matrix(data)
  p=length(data[,1])
  q=length(data[1,])
  m=ncol(data)-para-1
  F=matrix(0,nrow=p,ncol=p)
  dataA=data[(para+2):q]
  diag(F)=1
  nk= length(seq(min(data[,2]),max(data[,2]),length.out=50))
  knot=matrix(ncol=m,nrow=nk)
  for (i in (1:m))
  {
    for (j in (1:nk))
    {
      a=seq(min(dataA[,i]),max(dataA[,i]),length.out=50)
      knot[j,i]=a[j]
    }
  }
  knot=knot[2:(nk-1),]
  a2=nrow(knot)
  z=(a2*(a2-1)*(a2-2)/6)
  knot1=cbind(rep(NA,(z+1)))
  for (i in (1:m))
  {
    knot2=rbind(rep(NA,3))
    for (j in 1:(a2-2))
    {
      for (k in (j+1):(a2-1))
      {
        for (g in (k+1):a2)
        {

```

Lanjutan Lampiran 4 Program GCV 3 Knot

```

                                xx=cbind(knot[j,i],knot[k,i],knot[g,i])
                                knot2=rbind(knot2,xx)
                                }
                        }
    }
    knot1=cbind(knot1,knot2)
}
knot1=knot1[2:(z+1),2:(3*m+1)]
aa=rep(1,p)
data1=matrix(ncol=(3*m),nrow=p)
data2=data[, (para+2):q]
a1=length(knot1[,1])
GCV=rep(NA,a1)
Rsqr=rep(NA,a1)
for (i in 1:a1)
{
  for (j in 1:ncol(knot1))
  {
    b=ceiling(j/3)
    for (k in 1:p)
    {
      if (data2[k,b]<knot1[i,j]) data1[k,j]=0 else
data1[k,j]=data2[k,b]-knot1[i,j]
    }
  }
  mx=cbind(aa,data[,2:q],data1)
  mx=as.matrix(mx)
  C=pinv(t(mx)%*%mx)
  B=C%*%(t(mx)%*%data[,1])
  yhat=mx%*%B
  SSE=0
  SSR=0
  for (r in (1:p))
  {

```


Lanjutan Lampiran 4 Program GCV 3 Knot

```

sum=(data[r,1]-yhat[r,])^2
sum1=(yhat[r,]-mean(data[,1]))^2
SSE=SSE+sum
SSR=SSR+sum1
}
Rsq[i]=(SSR/(SSE+SSR))*100
MSE=SSE/p
A=mx%*%C%*%t(mx)
A1=(F-A)
A2=(sum(diag(A1))/p)^2
GCV[i]=MSE/A2
}
GCV=as.matrix(GCV)
Rsq=as.matrix(Rsq)
cat("=====", "\n")
cat("Nilai Knot dengan Spline linear 3 knot", "\n")
cat("=====", "\n")
print (knot1)
cat("=====", "\n")
cat("Rsq dengan Spline linear 3 knot", "\n")
cat("=====", "\n")
print (Rsq)
r=max(Rsq)
print (r)
cat("=====", "\n")
cat("HASIL GCV dengan Spline linear 3 knot", "\n")
cat("=====", "\n")
print (GCV)
s1=min(GCV)
cat("=====", "\n")
cat("HASIL GCV terkecil dengan Spline linear 3 knot", "\n")
cat("=====", "\n")
cat(" GCV =",s1, "\n")
write.csv(GCV,file="d:/output GCV3.csv")

```

Lanjutan Lampiran 4 Program GCV 3 Knot

```

write.csv(Rsq,file="d:/output Rsq3.csv")
write.csv(knot1,file="d:/output knot3.csv")
}

```

Lampiran 5 Program GCV Kombinasi

```

GCVkom=function(para)
{
  data=as.matrix(data)
  p1=length(data[,1])
  q1=length(data[1,])
  v=para+2
  F=matrix(0,nrow=p1,ncol=p1)
  diag(F)=1
  x1=read.table("d:/x1.txt")
  x2=read.table("d:/x2.txt")
  x3=read.table("d:/x3.txt")
  x4=read.table("d:/x4.txt")
  x5=read.table("d:/x5.txt")
  n2=nrow(x1)
  a=matrix(nrow=5,ncol=3^5)
  m=0
  for (i in 1:3)
  for (j in 1:3)
  for (k in 1:3)
  for (l in 1:3)
  for (s in 1:3)
  {
    m=m+1
    a[,m]=c(i,j,k,l,s)
  }
  a=t(a)
  GCV=matrix(nrow=nrow(x1),ncol=3^5)
  for (i in 1:3^5)
  {

```

Lanjutan Lampiran 5 Program GCV Kombinasi

```

for (h in 1:nrow(x1))
{
if (a[i,1]==1)
{
gab=as.matrix(x1[,1])
gen=as.matrix(data[,v])
aa=matrix(nrow=nrow(x1)*nrow(data),ncol=1)
for (j in 1:1)
for (w in 1:nrow(data))
{
if (gen[w,j]<gab[h,j]) aa[w,j]=0 else aa[w,j]=gen[w,j]-gab[h,j]
}
}
else
if (a[i,1]==2)
{
gab=as.matrix(x1[,2:3])
gen=as.matrix(cbind(data[,v],data[,v]))
aa=matrix(nrow=nrow(x1)*nrow(data),ncol=2)
for (j in 1:2)
for (w in 1:nrow(data))
{
if (gen[w,j]<gab[h,j]) aa[w,j]=0 else aa[w,j]=gen[w,j]-gab[h,j]
}
}
else
{
gab=as.matrix(x1[,4:6])
gen=as.matrix(cbind(data[,v],data[,v],data[,v]))
aa=matrix(nrow=nrow(x1)*nrow(data),ncol=3)
for (j in 1:3)
for (w in 1:nrow(data))
{
if (gen[w,j]<gab[h,j]) aa[w,j]=0 else aa[w,j]=gen[w,j]-gab[h,j]

```

Lanjutan Lampiran 5 Program GCV Kombinasi

```

}
}
if (a[i,2]==1)
{
gab=as.matrix(x2[,1] )
gen=as.matrix(data[, (v+1)])
bb=matrix(nrow=nrow(x1)*nrow(data),ncol=1)
for (j in 1:1)
for (w in 1:nrow(data))
{
if (gen[w,j]<gab[h,j]) bb[w,j]=0 else bb[w,j]=gen[w,j]-gab[h,j]
}
}
else
if (a[i,2]==2)
{
gab=as.matrix(x2[,2:3] )
gen=as.matrix(cbind(data[, (v+1)],data[, (v+1)]))
bb=matrix(nrow=nrow(x1)*nrow(data),ncol=2)
for (j in 1:2)
for (w in 1:nrow(data))
{
if (gen[w,j]<gab[h,j]) bb[w,j]=0 else bb[w,j]=gen[w,j]-gab[h,j]
}
}
else
{
gab=as.matrix(x2[,4:6])
gen=as.matrix(cbind(data[, (v+1)],data[, (v+1)],data[, (v+1)]))
bb=matrix(nrow=nrow(x1)*nrow(data),ncol=3)
for (j in 1:3)
for (w in 1:nrow(data))
{
if (gen[w,j]<gab[h,j]) bb[w,j]=0 else bb[w,j]=gen[w,j]-gab[h,j]

```

Lanjutan Lampiran 5 Program GCV Kombinasi

```

}
}
if (a[i,3]==1)
{
gab=as.matrix(x3[,1] )
gen=as.matrix(data[, (v+2)])
cc=matrix(nrow=nrow(x1)*nrow(data),ncol=1)
for (j in 1:1)
for (w in 1:nrow(data))
{
if (gen[w,j]<gab[h,j]) cc[w,j]=0 else cc[w,j]=gen[w,j]-gab[h,j]
}
}
else
if (a[i,3]==2)
{
gab=as.matrix(x3[,2:3] )
gen=as.matrix(cbind(data[, (v+2)],data[, (v+2)]))
cc=matrix(nrow=nrow(x1)*nrow(data),ncol=2)
for (j in 1:2)
for (w in 1:nrow(data))
{
if (gen[w,j]<gab[h,j]) cc[w,j]=0 else cc[w,j]=gen[w,j]-gab[h,j]
}
}
else
{
gab=as.matrix(x3[,4:6])
gen=as.matrix(cbind(data[, (v+2)],data[, (v+2)],data[, (v+2)]))
cc=matrix(nrow=nrow(x1)*nrow(data),ncol=3)
for (j in 1:3)
for (w in 1:nrow(data))
{
if (gen[w,j]<gab[h,j]) cc[w,j]=0 else cc[w,j]=gen[w,j]-gab[h,j]

```

Lanjutan Lampiran 5 Program GCV Kombinasi

```

}
}
if (a[i,4]==1)
{
gab=as.matrix(x4[,1] )
gen=as.matrix(data[, (v+3)])
dd=matrix(nrow=nrow(x1)*nrow(data),ncol=1)
for (j in 1:1)
for (w in 1:nrow(data))
{
if (gen[w,j]<gab[h,j]) dd[w,j]=0 else dd[w,j]=gen[w,j]-gab[h,j]
}
}
else
if (a[i,4]==2)
{
gab=as.matrix(x4[,2:3] )
gen=as.matrix(cbind(data[, (v+3)],data[, (v+3)]))
dd=matrix(nrow=nrow(x1)*nrow(data),ncol=2)
for (j in 1:2)
for (w in 1:nrow(data))
{
if (gen[w,j]<gab[h,j]) dd[w,j]=0 else dd[w,j]=gen[w,j]-gab[h,j]
}
}
else
{
gab=as.matrix(x4[,4:6])
gen=as.matrix(cbind(data[, (v+3)],data[, (v+3)],data[, (v+3)]))
dd=matrix(nrow=nrow(x1)*nrow(data),ncol=3)
for (j in 1:3)
for (w in 1:nrow(data))
{
if (gen[w,j]<gab[h,j]) dd[w,j]=0 else dd[w,j]=gen[w,j]-gab[h,j]

```

Lanjutan Lampiran 5 Program GCV Kombinasi

```

}
}
if (a[i,5]==1)
{
gab=as.matrix(x5[,1] )
gen=as.matrix(data[, (v+4)])
ee=matrix(nrow=nrow(x1)*nrow(data),ncol=1)
for (j in 1:1)
for (w in 1:nrow(data))
{
if (gen[w,j]<gab[h,j]) ee[w,j]=0 else ee[w,j]=gen[w,j]-gab[h,j]
}
}
else
if (a[i,5]==2)
{
gab=as.matrix(x5[,2:3] )
gen=as.matrix(cbind(data[, (v+4)],data[, (v+4)]))
ee=matrix(nrow=nrow(x1)*nrow(data),ncol=2)
for (j in 1:2)
for (w in 1:nrow(data))
{
if (gen[w,j]<gab[h,j]) ee[w,j]=0 else ee[w,j]=gen[w,j]-gab[h,j]
}
}
else
{
gab=as.matrix(x5[,4:6])
gen=as.matrix(cbind(data[, (v+4)],data[, (v+4)],data[, (v+4)]))
ee=matrix(nrow=nrow(x1)*nrow(data),ncol=3)
for (j in 1:3)
for (w in 1:nrow(data))
{
if (gen[w,j]<gab[h,j]) ee[w,j]=0 else ee[w,j]=gen[w,j]-gab[h,j]

```

Lanjutan Lampiran 5 Program GCV Kombinasi

```

}
}
ma=as.matrix(cbind(aa,bb,cc,dd,ee))
mx=cbind(rep(1,nrow(data)),data[,2:q1],na.omit(ma))
mx=as.matrix(mx)
  C=pinv(t(mx)%*%mx)
  B=C%*%(t(mx)%*%data[,1])
  yhat=mx%*%B
SSE=0
  SSR=0
for (r in 1:nrow(data))
  {
    sum=(data[r,1]-yhat[r,])^2
    sum1=(yhat[r,]-mean(data[,1]))^2
    SSE=SSE+sum
    SSR=SSR+sum1
  }
  Rsq=(SSR/(SSE+SSR))*100
  MSE=SSE/p1
  A=mx%*%C%*%t(mx)
  A1=(F-A)
  A2=(sum(diag(A1))/p1)^2
  GCV[h,i]=MSE/A2
}

if (a[i,1]==1) sp=x1[,1] else
if (a[i,1]==2) sp=x1[,2:3] else
sp=x1[,4:6]
if (a[i,2]==1) spl=x2[,1] else
if (a[i,2]==2) spl=x2[,2:3] else
spl=x2[,4:6]
if (a[i,3]==1) splin=x3[,1] else
if (a[i,3]==2) splin=x3[,2:3] else
splin=x3[,4:6]

```


Lanjutan Lampiran 5 Program GCV Kombinasi

```

if (a[i,5]==1) splines=x5[,1] else
if (a[i,5]==2) splines=x5[,2:3] else
splines=x5[,4:6]
kkk=cbind(sp,spl,splin,spline,splines)
cat("=====", "\n")
print(i)
print(kkk)
print(Rsq)
}
write.csv(GCV,file="d:/output GCV kombinasi.csv")
write.csv(Rsq,file="d:/output Rsq kombinasi.csv")
}

```

Lampiran 6 Program Uji Serentak dan Uji Individu Model Nonparametrik Spline

```

uji=function(alpha,para)
{
data=read.table("d:/TA.txt")
knot=read.table("d:/knot.txt")
data=as.matrix(data)
knot=as.matrix(knot)
ybar=mean(data[,1])
m=para+2
p=nrow(data)
q=ncol(data)
dataA=cbind(data[,m],data[,m],data[,m+1],data[,m+1],data[,m+1],data[,m+2],data[,m+2],data[,m+3],data[,m+3],data[,m+3],data[,m+4],data[,m+4],data[,m+4])
dataA=as.matrix(dataA)
satu=rep(1,p)
n1=ncol(knot)
data.knot=matrix(ncol=n1,nrow=p)
for (i in 1:n1)
{

```

Lanjutan Lampiran 6 Program Uji Serentak dan Uji Individu Model Nonparametrik Spline

```

        for(j in 1:p)
        {
            if (dataA[j,i]<knot[1,i]) data.knot[j,i]=0 else
data.knot[j,i]=dataA[j,i]-knot[1,i]
        }
    }
    mx=cbind(satu,
data[,2],data.knot[,1:2],data[,3],data.knot[,3:5],data[,4],data.knot[,6
:7],data[,5],data.knot[,8:10],data[,6],data.knot[,11:13])
    mx=as.matrix(mx)
    B=(pinv(t(mx)%*%mx))%*%t(mx)%*%data[,1]
    cat("=====", "\n")
    cat("Estimasi Parameter", "\n")
    cat("=====", "\n")
    print (B)
    n1=nrow(B)
    yhat=mx%*%B
    res=data[,1]-yhat
    SSE=sum((data[,1]-yhat)^2)
    SSR=sum((yhat-ybar)^2)
    SST=SSR+SSE
    MSE=SSE/(p-n1)
    MSR=SSR/(n1-1)
    Rsq=(SSR/(SSR+SSE))*100

    #uji F (uji serentak)
    Fhit=MSR/MSE
    pvalue=pf(Fhit,(n1-1),(p-n1),lower.tail=FALSE)
    if (pvalue<=alpha)
    {
        cat("-----", "\n")
        cat("Kesimpulan hasil uji serentak", "\n")
        cat("-----", "\n")
    }

```

Lanjutan Lampiran 6 Program Uji Serentak dan Uji Individu Model Nonparametrik Spline

```

cat("Tolak Ho yakni minimal terdapat 1 prediktor yang
signifikan","\n")
cat("","\n")
}
else
{
cat("-----","\n")
cat("Kesimpulan hasil uji serentak","\n")
cat("-----","\n")
cat("Gagal Tolak Ho yakni semua prediktor tidak berpengaruh
signifikan","\n")
cat("","\n")
}

#uji t (uji individu)

thit=rep(NA,n1)
pval=rep(NA,n1)
SE=sqrt(diag(MSE*(pinv(t(mx)%*%mx))))
cat("-----","\n")
cat("Kesimpulan hasil uji individu","\n")
cat("-----","\n")
thit=rep(NA,n1)
pval=rep(NA,n1)
for (i in 1:n1)
{
thit[i]=B[i,1]/SE[i]
pval[i]=2*(pt(abs(thit[i]),(p-n1),lower.tail=FALSE))
if (pval[i]<=alpha) cat("Tolak Ho yakni prediktor signifikan dengan
pvalue",pval[i],"\n") else cat("Gagal tolak Ho yakni prediktor tidak
signifikan dengan pvalue",pval[i],"\n")
}
thit=as.matrix(thit)

```

Lanjutan Lampiran 6 Program Uji Serentak dan Uji Individu Model Nonparametrik Spline

```

cat("=====", "\n")
cat("nilai t hitung", "\n")
cat("=====", "\n")
print (thit)
cat("Analysis of Variance", "\n")
cat("=====", "\n")
      cat("Sumber      df      SS      MS      Fhit", "\n")
      cat("Regresi      ", (n1-1), " ", "SSR, " ", "MSR, "" ", "Fhit, "\n")
      cat("Error        ", p-n1, " ", "SSE, "" ", "MSE, "\n")
      cat("Total          ", p-1, " ", "SST, "\n")
cat("=====", "\n")
      cat("s=", sqrt(MSE), "      Rsq=", Rsq, "\n")
      cat("pvalue(F)=", pvalue, "\n")
write.csv(res, file="d:/output uji residual.csv")
write.csv(pval, file="d:/output uji pvalue.csv")
write.csv(mx, file="d:/output uji mx.csv")
write.csv(yhat, file="d:/output uji yhat.csv")
}

```

Lampiran 7 Output Uji Signifikansi Parameter Serentak dan Individu

=====

Estimasi Parameter

=====

[1]

[1,] 0.104039008

[2,] 8.316300672

[3,] -7.761388552

[4,] -1.327302839

[5,] 0.042946346

[6,] -0.019146072

[7,] -0.310356897

[8,] 0.262864879

[9,] 1.150278450

[10,] -1.591645938

[11,] 0.928569565

[12,] -2.831567420

[13,] 3.121656931

[14,] -0.101332921

[15,] -0.127176995

[16,] -0.004191386

[17,] 0.010237514

[18,] 0.025332031

[19,] -0.032165872

Kesimpulan hasil uji serentak

Tolak Ho yakni minimal terdapat 1 prediktor yang signifikan

Kesimpulan hasil uji individu

Tolak Ho yakni prediktor signifikan dengan pvalue 6.009177e-05

Tolak Ho yakni prediktor signifikan dengan pvalue 0.0006416775

Tolak Ho yakni prediktor signifikan dengan pvalue 0.003023544

Gagal tolak Ho yakni prediktor tidak signifikan dengan pvalue 0.128652

Tolak Ho yakni prediktor signifikan dengan pvalue 0.0008381921

Gagal tolak Ho yakni prediktor tidak signifikan dengan pvalue 0.1959482

Tolak Ho yakni prediktor signifikan dengan pvalue 0.04431437

Gagal tolak Ho yakni prediktor tidak signifikan dengan pvalue 0.08760994

Tolak Ho yakni prediktor signifikan dengan pvalue 8.478205e-11

Tolak Ho yakni prediktor signifikan dengan pvalue 0.0009681615

Gagal tolak Ho yakni prediktor tidak signifikan dengan pvalue 0.2216392

Tolak Ho yakni prediktor signifikan dengan pvalue 0.0001226492

Tolak Ho yakni prediktor signifikan dengan pvalue 0.000121482

Gagal tolak Ho yakni prediktor tidak signifikan dengan pvalue 0.9470151

Gagal tolak Ho yakni prediktor tidak signifikan dengan pvalue 0.9317425

Tolak Ho yakni prediktor signifikan dengan pvalue 0.009963646

Tolak Ho yakni prediktor signifikan dengan pvalue 0.0001597686

Gagal tolak Ho yakni prediktor tidak signifikan dengan pvalue 0.09550763

Tolak Ho yakni prediktor signifikan dengan pvalue 0.04259694

Lanjutan Lampiran 7 Output Uji Signifikansi Parameter Serentak dan Individu

=====

nilai t hitung

=====

[,1]

[1,] 5.12566600
 [2,] 4.07764717
 [3,] -3.39720153
 [4,] -1.58860351
 [5,] 3.96068194
 [6,] -1.34032482
 [7,] -2.15371404
 [8,] 1.80092302
 [9,] 12.81461804
 [10,] -3.89757305
 [11,] 1.26365487
 [12,] -4.80653893
 [13,] 4.81079085
 [14,] -0.06733943
 [15,] -0.08679521
 [16,] -2.86259737
 [17,] 4.68920339
 [18,] 1.75422356
 [19,] -2.17344325

Analysis of Variance

=====

Sumber	df	SS	MS	Fhit
Regresi	18	408.5833	22.69907	10.22625
Error	19	42.17404	2.219686	
Total	37	450.7574		

=====

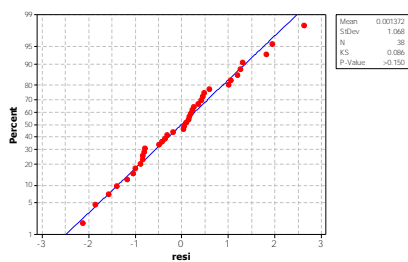
s= 1.489861 Rsq= 90.64374

pvalue(F)= 2.722527e-06

Lampiran 8 Residual Model

Observasi ke	Residual	Observasi ke	Residual
1	-0,30124	20	1.962752
2	-0,41254	21	-1.55462
3	-0,8316	22	2.637664
4	-0,79311	23	1.025506
5	-0,48006	24	-0.18007
6	1,319461	25	0.368973
7	0,274263	26	-0.87395
8	0,610735	27	-1.02681
9	0,20331	28	0.430147
10	-0,98503	29	1.071322
11	-1,37878	30	0.492046
12	1,267681	31	-2.11208
13	-0,77756	32	-0.83254
14	-1,84907	33	1.831174
15	0,455359	34	0.070053
16	-1,16223	35	0.048746
17	1,213199	36	0.103798
18	0,159759	37	0.23758
19	-0,35119	38	0.171091

Lampiran 9 Uji Kolmogorov Smirnof



Lampiran 10 Program Uji Glejser

```

glejser=function(data,knot,res,alpha,para)
{
  data=as.matrix(data)
  knot=as.matrix(knot)
  res=abs(res)
  res=as.matrix(res)
  rbar=mean(res)
  m=para+2
  p=nrow(data)
  q=ncol(data)
  dataA=cbind(data[,m],data[,m],data[,m+1],data[,m+1],data[,m+1],data[,m+2],data[,m+2],data[,m+3],data[,m+3],data[,m+3],data[,m+4],data[,m+4],data[,m+4])
  dataA=as.matrix(dataA)
  satu=rep(1,p)
  n1=ncol(knot)
  data.knot=matrix(ncol=n1,nrow=p)
  for (i in 1:n1)
  {
    for(j in 1:p)
    {
      if (dataA[j,i]<knot[1,i]) data.knot[j,i]=0 else
      data.knot[j,i]=dataA[j,i]-knot[1,i]
    }
  }
  mx=cbind(satu,
  data[,2],data.knot[,1:2],data[,3],data.knot[,3:5],data[,4],data.knot[,6:7],data[,5],data.knot[,8:10],data[,6],data.knot[,11:13])mx=as.matrix(mx)
  B=(ginv(t(mx)%*%mx))%*%t(mx)%*%res
  n1=nrow(B)
  yhat=mx%*%B
  residual=res-yhat

```


Lanjutan Lampiran 9 Program Uji Glejser

```

SSE=sum((res-yhat)^2)
SSR=sum((yhat-rbar)^2)
SST=SSR+SSE
MSE=SSE/(p-n1)
MSR=SSR/(n1-1)
Rsq=(SSR/SST)*100

#uji F (uji serentak)
Fhit=MSR/MSE
pvalue=pf(Fhit,(n1-1),(p-n1),lower.tail=FALSE)
if (pvalue<=alpha)
{
cat("-----", "\n")
cat("Kesimpulan hasil uji serentak", "\n")
cat("-----", "\n")
cat("Tolak Ho yakni minimal terdapat 1 prediktor yang signifikan
atau terjadi heteroskedastisitas", "\n")
cat("", "\n")
}
else
{
cat("-----", "\n")
cat("Kesimpulan hasil uji serentak", "\n")
cat("-----", "\n")
cat("Gagal Tolak Ho yakni semua prediktor tidak berpengaruh
signifikan atau tidak terjadi heteroskedastisitas", "\n")
cat("", "\n")
}
cat("Analysis of Variance", "\n")
cat("=====", "\n")

```

Lanjutan Lampiran 9 Uji Glejser

```

cat("=====","\n")
      cat("Sumber      df      SS      MS      Fhit","\n")
      cat("Regresi      ",(n1-1)," ",SSR," ",MSR,"",Fhit,"\n")
      cat("Error          ",p-n1," ",SSE,"",MSE,"\n")
      cat("Total            ",p-1," ",SST,"\n")
cat("=====","\n")
      cat("s=",sqrt(MSE),"      Rsq=",Rsq,"\n")
      cat("pvalue(F)=" ,pvalue,"\n")
}

```

Lampiran 11 *Output* Uji Glejser

Kesimpulan hasil uji serentak

Gagal Tolak Ho yakni semua prediktor tidak berpengaruh signifikan atau tidak terjadi heteroskedastisitas

Analysis of Variance

```

=====
Sumber      df      SS      MS      Fhit
Regresi      18  5.951241  0.3306245  0.6560132
Error        19  9.575821  0.5039906
Total        37 15.52706
=====

```

s= 0.7099229 Rsq= 38.32818

pvalue(F)= 0.8119276

(Halaman ini sengaja dikosongkan)